



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Energirigtig ventilation ved renovering og byfornyelse

Fase 2: En undersøgelse af tre mekaniske ventilationsløsninger

Klint, Jakob; Bergsøe, Niels Christian; Pedersen, Peder Vejsig; Aagesen, Vickie

Publication date:
2015

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Klint, J., Bergsøe, N. C., Pedersen, P. V., & Aagesen, V. (2015). *Energirigtig ventilation ved renovering og byfornyelse: Fase 2: En undersøgelse af tre mekaniske ventilationsløsninger*. Kuben Management.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Energirigtig ventilation ved renovering og byfornyelse

Fase 2: En undersøgelse af tre mekaniske ventilationsløsninger

Jakob Klint, Kuben Management

Niels C. Bergsøe, Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet

Peder Vejsig, Cenergia Energy Consultants

Vickie Aagesen, Cenergia Energy Consultants



Titel Energirigtig ventilation ved renovering og byfornyelse
Undertitel Fase 2: En undersøgelse af tre mekaniske ventilationsløsninger
Udgave 1. udgave
Udgivelsesår 2015
Forfattere Jakob Klint, Vickie Aagesen, Peder Vejsig, Niels C. Bergsøe

Sprog Dansk

Udgiver Kuben Management

Eftertryk i uddrag tilladt, men kun med kildeangivelsen: *Energirigtig ventilation ved renovering og byfornyelse, fase 2: En undersøgelse af tre mekaniske ventilationsløsninger. (2015)*

Indhold

Forord	4
Introduktion	6
Resume og konklusion	7
Ventilationsløsninger i eksisterende boliger	8
Konklusion.....	10
Den nye kakkelovnskrog	11
Decentrale ventilationsanlæg (Gyldenrisparken)	12
Vinduesintegreret ventilation	13
Undersøgte løsninger og yderligere erfaringsmateriale	14
Problemkompleks	15
Hovedtræk i den historiske udvikling i etageboligventilation.....	15
1850-1950	15
1950-1970	15
1970-2000	15
Efter 2000	16
2010.....	16
Ventilation i eksisterende boliger	17
Mekaniske løsninger til ventilation.....	17
CASES.....	23
1. Den nye kakkelovnskrog	24
Absalonsgade 24	24
Eskildsgade 62-64	25
Brugerundersøgelse af ventilation og indeklima i Eskildsgade 62-64	28
2. Decentrale ventilationsanlæg (Gyldenrisparken)	31
Brugerundersøgelse.....	36
Resultater af brugerundersøgelsen	36
Indeklimamålinger	39
Resultatet af målingerne	39
Detaljerede målingerne fra fire boliger	41
Gyldenrisparken 6, 3. th.	41
Gyldenrisparken 10, 1. th.	45
Gyldenrisparken 14, st. th.	48
Gyldenrisparken 18, 3. th.	52
Energiforbrug	55
3. Vinduesintegreret ventilation.....	57
Resultater med vinduesintegreret ventilation med varmegenvinding	64
Erfaringer med udvikling af nye ventilationsløsninger	76
Bilag	101
Workshop om ventilation med Københavns Kommune	101
Ecovent produkter	105

Forord

Denne publikation afrapporterer den anden fase i et projekt i to faser om energirigtig ventilation ved renovering og byfornyelse.

I den første fase er der foretaget en indsamling og en systematisering af erfaringer fra udvalgte danske og udenlandske energirenoveringsprojekter, hvor ventilationsområdet i særlig grad har været i centrum. Første fase er afrapporteret i publikationen *Energirigtig ventilation ved renovering og byfornyelse – fase 1: Indsamling og systematisering af eksisterende viden fra forsøgs- og demonstrationsprojekter*. Publikationen kan hentes på hjemmesiden for Ministeriet for By, Bolig og Landdistrikter, MBBL, på adressen <http://www.mbbldk/publikationer/energirigtig-ventilation-ved-renovering-og-byfornyelse>

I den anden fase er undersøgt tre udvalgte balancerede ventilationsløsninger med varmegenvinding, der både ud fra en energimæssig betragtning og i forhold til installation i ældre ejendomme virker velegnede.

I ældre ejendomme er der særligt to udfordringer, som gør installation af balanceret ventilation med varmegenvinding vanskelig. Den ene er føringsvej for ventilationskanaler, den anden er placering af ventilationsaggregaterne. På den baggrund er der udvalgt nogle løsninger, som vurderes at have særlige potentialer i forhold til ældre ejendomme. Der er medtaget et nyt forsøgsanlæg, hvorfra der endnu ikke foreligger veldokumenterede målinger og data, men som vurderes at have store potentialer i forhold til renovering af ældre ejendomme.

Det er forfatterenes håb, at rapporten kan medvirke til en større indsigt og viden om de undersøgte ventilationsløsninger, og hvilke udfordringer der er i forhold til ventilation i eksisterende ejendomme.

Den primære målgruppe for denne publikation er de, der beskæftiger sig med administration og forvaltning af etageboliger, og har interesse i gode og energirigtige ventilationsløsninger til boliger, dvs.:

- udlejere,
- boligorganisationer,
- administrationsselskaber.

Derudover er målgruppen dem, der leverer ydelser og rådgivning til ovenstående målgruppe

- entreprenører,
- arkitekter,
- bygningsingeniører og
- andre professionelle, der beskæftiger sig med boliger og renovering af boliger.

Projektet er gennemført af en projektgruppe bestående af:

Jakob Klint, Kuben Management
Peder Vejsig Pedersen, Cenergia Energy Consultants
Vickie Aagesen, Cenergia Energy Consultants
Niels C. Bergsøe, Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet

Projektet er finansieret af Ministeriet for By, Bolig og Landdistrikter, Afdeling for By og Land, byfornyelse.

Februar 2015

Introduktion

Ventilation i etageboliger er et område, der i mange tilfælde giver anledning til udfordringer for udlejere og boligorganisationer, og hvor forskellige grader af utilfredshed fra brugerne er udbredt. Utilstrækkelig ventilation kan give problemer med fugt, skimmel og dårligt indeklima, mens nye, mekaniske ventilationssystemer kan føre til klager over støj- og trækgener og i visse tilfælde endog lugtgener på grund af luftoverføring mellem lejligheder. Endvidere indebærer mekanisk ventilation i sagens natur et elforbrug, som ikke findes i et naturligt ventilationssystem.

Mange ældre etageejendomme er med tiden blevet udstyret med mekanisk udsugning. Centrale ventilatorer på loft eller tag suger gennem kanaler fra lejlighedernes køkken og bade- og wc-rum, mens erstatningsluft tilføres beboelsesrummene via udeluftventiler anbragt i vinduerne eller i ydervæggene. Løsningen blev indført som krav i bygningsreglementet fra 1977, hvad angår etageboliger med indeliggende bade- og wc-rum. Med reglementet fra 1982 blev mekanisk udsugning et krav for alle nye etageboliger. I det seneste bygningsreglement fra 2010 er kravet til ventilationen i nye etageboliger, at der skal være mekanisk indblæsning i alle beboelsesrum, mekanisk udsugning i køkken, bade- og wc-rum, og anlæggene skal være forsynet med varmegenvinding.

Erfaringerne med mekanisk udsugning i kombination med udeluftventiler er indimellem mindre gode. Anlæggene har mulighed for at sikre den nødvendige ventilation og gøre indeklimaet mindre afhængigt af en korrekt brugeradfærd, men løsninger kan medføre utilfredsstillende forhold i retning af træk- og støjgener fra udeluftventiler mv. Derudover indebærer løsningen et elforbrug og risiko for et større varmeforbrug i varmesæsonen. Det øgede el- og varmeforbrug er beboerne måske ikke altid vidende om, men opmærksomheden omkring energiforbruget er voksende, og der er behov for løsninger, som er mindre energikrævende. Udfordringen i dag er at anviser veje til gode ventilationsløsninger, der både sikrer et godt indeklima, har en høj brugertilfredshed, og som samtidigt medvirker til et lavt energiforbrug.

Denne rapport handler om ventilation i eksisterende ejendomme og viser veje til ventilationsløsninger, der er hensigtsmæssige i forbindelse med renovering af ældre ejendomme. Der er lagt vægt på løsninger, der (i) sikrer et godt indeklima, (ii) har et lavt energiforbrug, og (iii) som er velegnede i forhold til installation i ældre ejendomme. Det sidste vedrører navnlig æstetik og økonomi, da én af de store udfordringer er at finde førsøgsveje for ventilationskanaler i ældre ejendomme, som ikke er født med mekanisk ventilation.

Resume og konklusion

Ventilation i beboelsesejendomme

Dårligt indeklima og risiko for skimmelsvamp er stor i ældre ejendomme. Først fra midten af 1970'erne har der været krav i bygningsreglementet om, at beboelsesejendomme udstyres med mekanisk ventilation.

Af Danmarks ca. 1 mio. etageboliger er ca. 0,7 mio. bygget før 1970. Da bygninger fra den tid også er dårligt isoleret og har mange kuldebroer i konstruktionen, er risikoen for skimmelsvamp stor. For lille luftskifte giver høj luftfugtighed, og vanddampen kondenserer på de kolde flader og giver grundlag for vækst af skimmelsvamp.

Luftskiftet i ældre boliger er hovedsageligt bestemt af den naturlige ventilation og brugeradfærden hos den enkelte familie. Det vil sige boligens luftkvalitet i meget høj grad er betinget af den belastning, familien udgør i forhold til boligens størrelse, den måde boligen anvendes på i forhold til madlavning, badning mv., og den adfærd der er med hensyn til udluftning af boligen.

Efterfølgende moderniseringer af den ældre bygningsmasse har endda ikke altid haft en positiv betydning for indeklimaet, hvis ikke ventilation har været en del af den modernisering, der er gennemført. Tværtimod er boligerne ofte blevet gjort mere tætte som følge af nye brandregulativer og ønsket om nedbringelse af energiforbruget. Luftskiftet kan yderligere være blevet reduceret i de ældste etageboliger (boliger fra før 1940 eller ca. 0,4 mio. boliger) ved indførelse af centralvarme. Tidligere var mange ældre boliger udstyret med individuelle ildsteder, som sikrede et vist luftskifte i fyringssæsonen, disse er generelt nedlagt i forbindelse med installation af centralvarme. Centralvarmen har til gengæld haft positiv indvirkning på andre dele af indeklimaet som bedre temperaturforhold, afskaffelse af gennemstrømningsgasvandvarmere uden afkast til det fri, mindre partikelforurening mm. I dag er det mindre end 1 pct. af etageboligerne, der ikke har centralvarme.

Som følge af dårligt indeklima og problemer med skimmelsvamp er mange ældre etageboliger blevet forsynet med mekanisk ventilation for at sikre et bedre indeklima. Det mest almindelige er udsugningsventilation, hvor eksisterende kanaler til naturlig ventilation er blevet forsynet med ventilatorer placeret på bygningens loft. Trods forskellige komfortgener ved disse anlæg i form af træk, susen og støj har de generelt sikret en markant forbedring af luftskiftet, og dermed sænket luftfugtigheden og de afledte problemer med skimmelsvamp. Typisk har de også medført et stort varme- og elforbrug. Der eksisterer ikke statistiske oplysninger mht. tekniske ventilationsinstallationer i etageboliger, men det er forfatterens vurdering, at udsugningsventilation nok er den mest udbredte løsning til mekanisk ventilation i etageboliger.

I disse tider, hvor der er stigende krav til komforten i vores boliger, og hvor kravene til et lavt energiforbrug for boliger er såvel et politisk som et brugermæssigt ønske, er der behov for nogle bedre ventilationsløsninger, som forener et godt indeklima med et lavt energiforbrug.

Ventilation i lavenergibyggeri – balanceret ventilation med varmegenvinding

De sidste 10-15 års udvikling med lavenergibyggeri er baseret på en simpel forudsætning (fysikkens love) om, at et lavt varmetab fra et bygningsvolumen er løsningen. Dette indebærer tre ting:

1. En klimaskærm med en høj varmeisolering og med minimering af kuldebroer,
2. En høj lufttæthed af bygningen og
3. Et kontrolleret luftskifte med varmegenvinding.

Ikke mindst udviklingen af passivhus byggeriet i Tyskland har været med til i praksis at vise, at der kunne opnås et meget lavt varmeforbrug, hvis de tre ting var opfyldt.

Forretningsmodellen for den type byggeri har været, at man har kunnet begrænse omkostningerne til varmemforsyning og varmeinstallation og i stedet anvende ressourcerne på de tre andre ting, og i særlig grad et velfungerende ventilationsanlæg med en god varmegenvinding på varmeveksleren.

Netop den kontrollerede ventilation med varmegenvinding er et vigtigt og nyt element til opnåelse af et lavt energiforbrug. Det har ført til, at ventilationsteknologien er blevet udviklet og optimeret, så et godt indeklima ikke går på kompromis med opnåelsen af et lavt energi- og varmeforbrug.

Der er udviklet forskellige typer af varmevekslere med meget høje genvindingsgrader og ventilatorer med et ekstremt lavt elforbrug. I den sammenhæng har de decentrale ventilationsenheder vist sig at være energimæssigt mest optimale. De decentrale løsninger, der kendes fra enfamiliehuse, er blevet tilpasset til anvendelse i flerfamilieboliger og etagehuse, og nye kompakte ventilationsunits er blevet udviklet.

Et særligt forhold ved ventilation og lavenergiløsninger er, at den kontrollerede ventilation med varmegenvinding kun fungerer optimalt, hvis bygningen er tæt, og brugerne i opvarmningsperioden lader ventilationsanlægget stå for luftskiftet. Dvs. at de ikke lugter ud på traditionel vis, eller endnu værre lader et eller flere vinduer stå på klem døgnet rundt. Netop den kontrollerede ventilation via ventilationsanlægget sikrer, at varmen fra afkastluften overfører sin energi til den friske luft, der kommer ind i boligen via varmegenvindingen. Ukontrolleret infiltration og udluftning via vinduer og døre vil øge energiforbruget i opvarmnings-sæsonen.

Helhedsorienteret lavenergirenovering bygger på de samme elementer som ved nybyggeriet, men ved renovering er det betydeligt mere vanskeligt at opnå de samme energimæssige gevinster som ved nybyggeri.

I forbindelse med energirenovering af boliger er ventilationen et vanskeligt område og en stor udfordring. Dels skal man finde plads til de nye ventilationsinstallationer, og dels skal bygningen have en høj lufttæthed, hvilket kan være vanskeligt at opnå i forbindelse med en renovering, uden at det medfører meget høje installationsomkostninger.

Ventilationsløsninger i eksisterende boliger

Naturlig ventilation

Ældre etageejendomme er som udgangspunkt udelukkende naturligt ventileret. Typisk er der en ventilationskanal på toilettet og i køkkenet, der er ført op over taget, og ventilationen sker som resultat af den skorstenvirkning, ventilationskanaler har. Naturlig ventilation er utilstrækkelig i forbindelse med badning og madlavning og må suppleres med simpel udluftning eller mekanisk ventilation for at sikre et ordentligt indeklima og en sund ejendom.

Udsugningsventilation

Den mest simple form for mekanisk ventilation er udsugningsventilation, hvor der i køkken og bad er sat ventilatorer op, der understøtter den naturlige ventilation i hver lejlighed. En anden mulighed er, at der på taget/loftet er sat fælles ventilatorer op, som suger fra alle lejlighederne via ventilationskanalerne, og der samtidigt er etableret ventilationsspalter i vinduerne eller tilsvarende, der tilfører frisk luft. Fælles ventilatorer på taget/loftet er generelt en mere effektiv løsning og har også den fordel, at det minimerer støj fra ventilatorerne i boligen.

Mekanisk ventilation sikrer et bedre luftskifte i boligerne til gavn for bygningen og beboerne, men ulempen er, at den også resulterer i et højere varmeforbrug, kan give trækgener i boligerne, og der kan opstå støj fra kanaler og ventiler ved et stort luftskifte.

Balanceret ventilation

Balanceret ventilation med varmegenvinding er en mulighed for at undgå disse ulemper, da den friske luft opvarmes af den luft, der suges ud af boligerne via en varmeveksler. Varmeveksleren kan sikre et lavt energiforbrug og et velfungerende indeklima, men anlæggene er også betydeligt dyrere, idet de kræver en mere

omfattende installation mht. rørføring til frisk luft og afkast af luft fra boligerne, varmevekslere, ventilatorer mm., hvilket er en barriere for installation i eksisterende ejendomme.

For alle de mekaniske ventilationsløsninger gælder det, at de i større eller mindre grad kan være behovsstyret. Det vil sige, de kan være styret af CO₂ indhold i luften, luftfugtighed, bevægelser i rummet mm. Typisk styres de af luftfugtigheden i boliger, da man netop ønsker at undgå problemer med skimmelsvamp. I det følgende er der en skematisk oversigt mht. ventilation i etageboliger. Hvilke løsninger der almindeligvis anvendes, og hvad er deres muligheder og begrænsninger.

Fordele og ulemper ved forskellige løsninger til ventilation i etageboliger

	Naturlig aftrækskanal køkken og to- ilet	Naturlig + Brugerstyret / behovsstyret mekanisk venti- lation	Mekanisk ud- sugning (permanent)	Balanceret Centralt an- læg	Balanceret Decentrale anlæg
Indeklima og adfærd					
Opnåelse af et godt luftskifte og indeklima	Næsten 100 % betinget af brugeradfær- den	Næsten 100 % betinget af bru- geradfærden	Betinget af an- læggets funk- tion	Betinget af anlæggets funktion	Betinget af anlæggets funktion
Brugernes indfly- delse på luftskiftet	Stor	Stor	Lille	Lille	Lille
Risiko for dårligt indeklima	Stor	Stor	Lille	Lille	Lille
Energiforhold					
Varmeforbrug	Lavt	Lavt	Stort	Middel / Lavt Betinget af varmeveksle- res virk- ningsgrad og boligens tæt- hed	Lavt Betinget af varmeveksle- res energifor- brug og boli- gens tæthed
Elforbrug	Intet	Lavt	Stort	Stort / middel	Middel / lavt
Installation og vedligeholdelse					
Installationsom- kostninger	Ingen	Lave	Middel	Høje	Høje
Behovet for vedli- geholdelse	Lille / ingen	Lille	Lille	Middel	Stort
Serviceomkost- ninger	Ingen	Meget små	Små	Middel	Middel / Store
Konklusion – Typiske problemer – Bruger tilfredshed					
Støj	Ingen	Ingen	Ofte	Ofte	Ofte
Træk	Ingen	Ingen	Ofte	Sjældent	Sjældent
Skimmel	Ofte	Ofte	Ingen	Ingen	Ingen

Konklusion

Problemer med skimmelsvamp er en af de mest markante konsekvenser af manglende ventilation og skyldes typisk mangelfuld eller uhensigtsmæssig ventilation i kombination med kuldebroer og/eller forkert udført indvendig isolering. Derudover har et dårligt luftskifte betydning for luftens kvalitet i øvrigt. Dette øger fokus på behovet for mekanisk ventilation i ældre ejendomme fra bygningsadministratorer og myndigheder. Energifbesparelsetiltag som tætning og nye vinduer kan endda øge behovet for mekanisk ventilation yderligere i ældre ejendomme.

Mekanisk balanceret ventilation med varmegenvinding og gode filterløsninger ser ud til at være løsningen på de udfordringer, hvis ikke beboernes adfærd kan ændres. Mekaniske løsninger forbedrer luftkvaliteten markant i boliger og ikke mindst i boliger, hvor beboerne har en uhensigtsmæssig adfærd, hvilket målinger af indeklimaet helt klart bekræfter. Det minimerer problemer med skimmelsvamp, hvilket ikke mindst er et succeskriterie for ejendomsadministratorer, men også er et plus for beboeren som følge af et bedre og sundere indeklima. Men mekanisk ventilation koster penge og øger driftsomkostningerne, hvilket er en væsentlig barriere for udbredelsen af mekanisk ventilation i eksisterende etageboliger, og det er ofte forbundet med vanskeligheder at få anlæggene til at være velfungerende. I forsøgsejendommen Ryesgade 30 på Østerbro i København, der fik Renoveringsprisen i 2013, er der afprøvet forskellige løsninger til ventilation, og netop ventilation udgjorde den største udfordring.

"Ventilation virker til at være det svageste led, og der mangler udvikling, formyelse og kvalitet" (Citeret fra en præsentation af Morten Andersen fra Advokaterne Aarup & Hvidt).

Overordnet set må man sige, at mekanisk ventilation er et vanskeligt område i forhold til beboere, og giver ofte anledning til utilfredshed fra beboernes side. Både udsugningsventilation og balanceret ventilation er ofte forbundet med støj, og udsugningsventilation er ofte også forbundet med trækgener og et højt energiforbrug. Gode og prisbillige løsninger til ventilation med et lavt energiforbrug og lave driftsomkostninger er derfor efterspurgt af såvel administratorer som beboere, men det er nok en illusion, hvis ikke man nøjes med naturlig ventilation, og den risiko det indebærer i forhold til skimmelsvamp og usundt indeklima.

Større komfortkrav underbygger anvendelsen af balanceret ventilation med varmegenvinding, da de sikrer frisk luft uden træk og begrænser partikelforurening og pollen i indeluften. Samtidigt giver ventilationsanlæggene i støjbelastede områder også mulighed for at sikre et godt indeklima, uden at man behøver at åbne sine vinduer og få gener af støjen fra trafik og anden udefra kommende støj.

I nybyggeriet er boligerne født med disse anlæg, den største udfordring er den eksisterende bygningsmasse, da omkostningen til etablering af sådanne anlæg ofte er høj. Håndværkerpriserne for en velfungerende ventilationsløsning ligger typisk på 30.000-50.000 kr. pr. bolig plus moms, hvilket er den væsentligste barriere for udbredelsen i eksisterende boliger.

I denne undersøgelse er tre løsninger behandlet. De tre løsninger adresserer hver på sin måde en velkendt udfordring, når det gælder energirigtig forbedring af ventilationsforholdene i eksisterende etageboliger, nemlig pladskrav til ventilationsaggregat og føring af ventilationskanaler.

Den første løsning er baseret på anvendelse af de oprindelige skorstene som føringsveje for ventilationskanaler og centralvarmerør. Løsningen er velegnet i ældre ejendomme, da føringsvejene for ventilationskanalerne allerede eksisterer i form af skorstenskanalerne. Yderligere er det særligt relevant, hvis ejendommen endnu ikke har central-/fjernvarme eller skal have renoveret radiatoranlægget.

Anvendelsen af skorstenene som føringsveje for ventilationskanalerne kan også være relevant i forhold til ejendomme, der allerede har et velfungerende centralvarmeanlæg. I og med at nye varmevekslere har en meget høj virkningsgrad, kan en forvarmning af ventilationsluften være unødvendig, eller forvarmning af luften kan ske fra en varmeplade placeret på indblæsningssiden af varmeveksleren på loftet.

En afart af denne løsning kan være anvendelse af nedfaldsskakter til affald til føringsveje for afkast af ventilationsluft. Dette er selvfølgelig kun muligt i bygninger, hvor affaldshåndteringen omlægges.

Den anden løsning bygger på decentrale anlæg, dvs. ét anlæg i hver bolig, placeret på badeværelset under et nedsænket loft, og med en varmeveksler med en meget høj virkningsgrad, så der ikke er behov for forvarmning af luften. Den friske luft hentes fra et indtag i facaden og er ført i en isoleret kanal via køkkenet til badeværelset. Afkast sker over taget via den oprindelige udsugningsventilation. Anlægget fungerer på alle måder godt, men filterskift kræver adgang til boligen af servicetekniker et par gange om året, hvilket er en væsentlig driftsomkostning. Energimæssigt er der 20 pct. besparelse i varmekonsumet sammenlignet med almindelig udsugningsventilation, men løsningen kræver intern kanalføring i hver lejlighed, hvilket altid er en udfordring.

Den sidste og tredje løsning er vinduesintegreret ventilation. Her bliver eksisterende radiatorer i vinduesbrystningerne erstattet af en ventilationsunit med en indbygget varmeplade, som har indtag og afkast af luft i facaden under vinduets bundramme. Denne løsning kræver ingen rørføring i lejligheden, men skal kombineres med behovsstyret udsugning på badeværelse og i køkken med afkast over taget.

Løsningen er endnu kun afprøvet få steder, men i ældre ejendomme kan den være særdeles velegnet, da den med tiden formentligt kan blive en prisbillig løsning, hvor der er små omkostninger til installation. Der er stadig krav til filterskift, som kræver adgang til boligen af servicetekniker, men der arbejdes på en filterløsning med en lang levetid.

En erfaring fra denne undersøgelse viser, at selv med det bedst lydmæssigt optimerede anlæg kan der ofte høres et svagt sus. Dette gælder ikke mindst i forbindelse med en energirenovering, hvor der ofte gennemføres vinduesudskiftninger, som reducerer udefrakommende støj. Dermed bliver et soveværelse med vinduet lukket meget stille, og beboernes tolerance overfor støj mindskes.

En anden erfaring er, at hvis man skal opnå et godt og sundt indeklima samtidig med lave driftsomkostninger og lavt energiforbrug, er det nødvendigt, at adfærd og teknik fungerer sammen, og at teknikken, drifts og vedligeholdelsen samt beboernes adfærd samtænkes.

Den nye kakkelovnskrog

Etablering af nye føringsveje til ventilation indenfor klimaskærmen er ofte vanskelig som følge af æstetik, pladsforhold og brandkrav, og samtidig er de eksisterende naturlige ventilationskanaler ofte små i dimensioner og det kan være nødvendigt at tætnes.

Kakkelovnskrogen kan være den ideelle ventilationsløsning i forbindelse med renovering af ejendomme, hvor skorstenene ikke længere finder anvendelse til opvarmning, da der derved ikke er behov for etablering af nye føringsveje for ventilationskanaler. Særligt ejendomme fra før 1900, hvor der tidligere netop var kakkelovne i alle rum, er velegnede til løsningen. Såvel afkast som indtag af udeluft kan ske over tag, og de løsninger vi har set på i denne undersøgelse kan, og brugen af skorstenen som føringsvej for kanalerne er oplagt og ideel. Udfordringen er de omkostninger, der er forbundet med løsningen, da implementering kan være mere omkostningsfuld end traditionelle løsninger.

For det undersøgte anlæg i Eskildsgade er anvendt en central varmeveksler, der er placeret på loftet og den friske luft bliver ledt til boligerne via skorstenen bag en radiator placeret hvor kakkelovnen tidligere var placeret. Deraf navnet kakkelovnskrogen. På den måde bliver indblæsningsluften forvarmet. Placeringen af radiatoren centralt er sket ud fra et ønske om også at anvende skorstenen som føringsvej for centralvarmeanstallationerne, og dermed også gøre de installationer usynlige i lejlighederne.

Der er imidlertid kuldenedfald fra vinduerne og facaden, hvilke gør at den mere traditionelle placering af radiatoren i brystningerne under vinduerne er mere hensigtsmæssig, da det kan modvirke den træk mange

beboere oplever i den undersøgte ejendom. Hvis en placering i kakkelovnskrogen skal anvendes, er der behov for en tæt klimaskærm og med lave u-værdier.

Ventilationen bør ofte forbedres i ældre ejendomme, og anvendes skorstene ikke til deres oprindelige funktion, er føringsveje til ventilation fortsat oplagt via skorstene.

Ved anvendelse af varmegenvindere med høj temperaturvirkningsgrad, vil der ikke være behov for en løsning, hvor luften forvarmes ved at blive blæst ind bag en radiator. Installationen af ventilationsanlæg med anvendelse af skorstenene som føringsveje, kan også gennemføres med decentrale varmevekslere, efter samme model som løsningen med decentrale ventilationsanlæg, se nedenfor. Afkast kan ske over taget, og udeluftindtaget sker i facaden. Udelufttilførsel via skorstene til decentrale anlæg er ikke hensigtsmæssig, da indtagskanalen skal isoleres for at modvirke kondensdannelse ved lav udetemperatur.

Decentrale ventilationsanlæg (Gyldenrisparken)

De decentrale ventilationsanlæg, der er anvendt i Gyldenrisparken, kombinerer et oprindeligt udsugningsanlæg med decentrale varmevekslere i hver enkelt bolig og med udeluftindtag i køkkenfacaden. Den type anlæg kan anvendes i alle ældre ejendomme, der ikke er født med mekanisk ventilation, i ejendomme der er født med mekanisk udsugning og i ejendomme, der har fået installeret udsugningsventilation, men hvor man ønsker at opgradere ventilationsløsningen.

Netop enstrengede udsugningsanlæg er ofte forbundet med meget beboereudtilfredshed, i forhold til balanceret ventilation, hvor der også sker en indblæsning af luft. Udsugningsventilation skaber undertryk i boligerne, og giver ofte anledning til gener fra støj og træk fra udeluftindtag i vinduerne, hvor de typisk er placeret. Ligeledes kan tilstopning og lukning af udeluftventilerne medføre trykforskelle mellem boligerne og uønsket udveksling af luft mellem boligerne.

Erfaringerne med de decentrale anlæg i Gyldenrisparken er meget positive energimæssigt og i forhold til brugererfaringer. Her er decentrale ventilationsenheder med varmegenvinder placeret over et sænket loft i badeværelset i hver bolig. Udeluft tages ind i facaden og afkast sker over taget via den oprindelige udsugningsventilation anlæg, som bygningen er født med. Der ledes udeluft til alle opholdsrum, og der suges fra de fugtbelastede rum, dvs. køkken og toilet. Varmeveksleren har en høj virkningsgrad, og der er anvendt ventilatorer med et meget lavt elforbrug. Det resulterer i et 20 % lavere varmeforbrug end i de boligblokke, der kun har udsugningsventilation. Brugererfaringerne er også særdeles positive.

I Gyldenrisparken blev anvendt rektangulære kanaler til fordeling af luften til opholdsrummene, som er placeret i entreen hvor væg og loft mødes. Dette muliggjorde en synlig installation, og der var ikke behov for et nedsænket loft.

Den største barriere for disse anlæg er at installationsomkostninger er relativt høje, og der er udfordringer med hensyn til den interne kanalføring i boligerne. Priserne pr. bolig kommer nemt op på 40.000 – 50.000 kr., og kan ikke finansieres af energibesparelsen. Der opnås en bedre komfort, og det i kombination med energibesparelser er nok det væsentligste argument for installation af den type anlæg.

Som det fremgår af diagrammet på side 9 er det særligt energibesparelserne, der er en fordel ved de decentrale anlæg og man kan udgå udeluftindtaget på taget af bygningen, og de deraf afledte kanalføringer vertikalt i bygningen. De centrale løsninger er billigere at servicere, men har et højere elforbrug, som følge af brandspjæld og det større tryktab, hvorimod de decentrale er dyrere at servicere fordi der er behov for filterskift i hver enkelt bolig, men elforbruget er typisk lavere, da tryktabet i kanalerne er mindre.

Støj og træk for et balanceret ventilationsanlæg med varmegenvinding er ikke noget problem, hvis man vælger et godt anlæg, og det bliver installeret og vedligeholdt ordentligt. Selvom ventilationsanlæg kan høres, vil det generelt være med til at reducere støjbelastningen i en bolig, da man kan sove med lukkede vinduer og udelukke udefra kommende støj, uden at gå på kompromis med luftkvaliteten.

Udfordringen i forhold til bedre ventilationsløsninger i eksisterende boliger er helt klart, at investeringer er relativt stor, og det er den væsentligste barriere. Kan man opdrage beboerne til en fornuftig adfærd mht. udluftning, er det den billigste løsning, men risikoen for et dårligt og usundt indeklima samt skimmelsvamp er problemet.

Vinduesintegreret ventilation

Løsningen er på udviklingsstadiet. Den er mere prisbillig end de to tidligere typer. Løsningen minimerer behovet for intern kanalføring, og reducerer dermed installationsomkostningerne. Samtidigt kan den reducere energiforbruget og sikre den nødvendige ventilation.

Både med hensyn til energiforbrug, luftskifte og brugertilfredshed er løsningen lovende, og den evaluering der er gennemført har været meget tilfredsstillende. Flere demonstrationsprojekter er på vej i samarbejde med byfornyelseskantoret i Københavns Kommune, og en mere grundig undersøgelse af løsningen er blevet genstand for et PhD projekt hos SBI, Aalborg Universitet.

Vi har ikke i denne undersøgelse set på pulserende ventilation, men der er en række løsninger hvor en mindre ventilator placeres på væggen eller i væggen og skiftevis suger frisk luft ind og blæser luft ud. De kan også opsættes parvis, så de sidder på hver sin side af bygning og synkront henholdsvis suger på den ene side af bygningen og blæser ud på den anden side af bygningen og på den måde sikre et luftskifte i boligen.

De løsninger endnu ikke særligt veldokumenterede, og understøttes heller ikke af det nuværende bygningsreglement, men kan med tiden blive en prisbillig løsning til ventilation i eksisterende boliger. Lige nu er dilemmaet i forhold til ventilation i eksisterende boliger, at få vælger du gode ventilationsløsninger som foreskrevet i bygningsreglementet, da installationsomkostninger er store. Rør man først ved ventilationsanlæg i større bygninger er der krav til balanceret ventilation med varmegenvinding, og dermed tager man ofte ikke det skridt, da det er forbundet med huslejestigninger mm. I stedet er indsatsen fra den gode boligadministration og bygningsejer at vejlede beboerne til en fornuftig adfærd i forhold til opnåelse af et godt indeklima. Det sidste er også meget vigtigt, www.skimmel.dk er i den sammenhæng godt input i den vejledning, hvis man ellers kender til dets eksistens.

Undersøgte løsninger og yderligere erfaringsmateriale

Ventilation med varmegenvinding ser på mange måder ud som en løsning, der både kan sikre et betydeligt bedre indeklima og en større komfort, og samtidig kan være med til at reducere energiforbruget fra boliger væsentligt, hvis også bygningens klimaskærm isoleres og tættes.

Med det udgangspunkt er 3 ventilationsløsninger til eksisterende boliger undersøgt. Tre løsninger der vurderes til at være blandt de potentielt bedste i forbindelse med eksisterende ejendomme. Fokus har været på brugererfaringer, målinger af luftskifte, indeklima, energiforbrug samt tekniske, æstetiske og økonomiske forhold ved installation i en beboelsesejendom.

Den nye kakkelovnskrog

"Den nye kakkelovnskrog", der ikke er så ny længere, men som første gang blev afprøvet i forbindelse med byfornyelsen af Vesterbro i 1990'erne. Her er eksisterende skorstene anvendt som føringsveje for ventilationskanaler og for varmerør til radiatorerne. Radiatorerne er samtidigt placeret, hvor man tidligere havde kakkelovnen placeret, og ventilationsluften bliver via radiatoren blæst ud i boligen, så den friske luft forvarmes. Der er udsugning i køkken og bad, og afkastluften bliver varmevekslet med den friske luft via en varmeveksler placeret på loftet, hvor også ventilatorerne er placeret.

Decentrale varmevekslere

Den anden løsning, der er undersøgt, er en decentral løsning, hvilket vil sige, at hver bolig har sin egen ventilationsenhed med varmeveksler, og som typisk kendes fra parcel- og rækkehuse. Den undersøgte løsning er en hybrid af en eksisterende udsugningsventilation fra køkken og bad kombineret med et friskluftindtag i facaden, og hvor den friske luft varmeveksles med udsugningsluften i en decentral varmeveksler, der er placeret over et nedsænket loft i badeværelset. Den friske luft føres i dette tilfælde til alle opholdsrum og værelser, hvilket sikrer en god "gennemskylning" af alle rum med frisk luft og en udsugning fra de rum, der er mest fugtbelastede (køkken og bad).

Den undersøgte løsning er gennemført i en boligblok med 32 boliger i Gyldenrisparken på Amager og sammenlignet med en bolig blok, hvor der udelukkende er udsugningsventilation. Begge blokke er blevet efterisoleret og har fået nye lavenergivinduer mm.

Vinduesintegreret ventilation (radiator ventilation)

Den tredje løsning er den særlige "radiator ventilator", der i forløbet har skiftet navn til vinduesintegreret ventilation. Denne løsning har et stort potentiale i forhold til ældre ejendomme. I forbindelse med afprøvninger er udviklet en ny løsning til indtag af frisk luft og afkast af luft via kanaler under vindues- rammens nederste del.

Andre erfaringer og produkter

Der er medtaget andre erfaringer med ventilation, blandt andet fra en ejendom på Værnedamsvej i København og fra forarbejder vedr. vinduesintegreret ventilation. Ligeledes beskrives en ny patenteret filterløsning til decentrale ventilationsenheder, der kan reducere driftsomkostningerne ganske betydeligt, da der ikke er behov for årlige filterskift. Netop filterskiftet ser ud til at være de decentrale anlægs største akilleshæl.

Udover dataindsamling vedr. de nævnte ventilationsløsninger har der været gennemført en ekspertworkshop med Københavns Kommune. Referatet af workshoppen og konklusionen er medtaget som bilag samt indarbejdet i kapitlet om *Ventilation i eksisterende boliger*.

Problemkompleks

Hovedtræk i den historiske udvikling i etageboligventilation

Ventilationsbestemmelsernes udvikling siden midten af 1800-tallet bærer præg af udviklingen i boligers opvarmningsinstallationer, kogeinstallationer og sanitære installationer. Tidligere blev en bolig i det mindste ventileret med luft, der blev tilført som en konsekvens af luftfjernelsen gennem skorstenene. I takt med at der blev indført flere sanitære installationer og i takt med, at de skorstenstilsluttede ildsteder blev forbedret og helt eller delvis afskaffet, blev der lidt efter lidt stillet mere omfattende krav til ventilationen, navnlig luftfjernelse, dvs. aftræk.

1850-1950

Københavns byggelove af 1856, 1871 og 1889 indførte gradvist bestemmelser om aftræk i boliger for eksempel anvendelse af emrør fra køkkenildsteder og aftræksrør fra klosetrum. I Københavns - Sundhedsvedtægt af 1918 blev der stillet krav om aftræk fra ethvert køkken – også i eksisterende bygninger – med fritstående gasapparater. Allerede i 1906 var der krav om, at faste gasildsteder skulle være tilsluttet aftræksrør. Københavns byggelov af 1939 stillede generelt krav om aftræk fra køkken, vaskerum og tørre- rum. Nødtørftsrør og baderum kunne enten udføres med aftrækskanal samt spalte under dør eller uden aftrækskanal men med oplukkeligt vindue. For baderum med ildsteder gjaldt særlige regler.

1950-1970

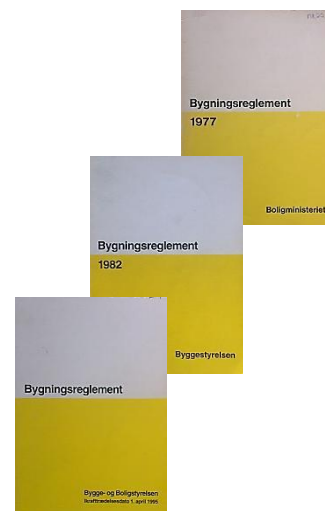
Linjen fra Københavns byggelov blev videreført i et arbejde under Nordisk Komité for - Bygningsbestemmelser, NKB. I slutningen af 1950'erne og i begyndelsen af 1960'erne udarbejdede NKB et sæt nordiske retningslinjer for boligventilation, og i det danske bygningsreglement fra 1961 blev det fastlagt, at boliger skulle ventileres ved naturlig ventilation eller ved mekanisk udsugning. For hver af de to ventilationsmåder blev der stillet nærmere krav eksempelvis til aftrækskanalernes tværsnitsarealer og til den udsugede luftmængde. Gældende for begge typer blev der stillet krav om, at der skulle ske udelufttilførsel i beboelsesrummene gennem oplukkeligt vindue, lem, dør eller ventil.

1970-2000

Når det gælder etageboliger, blev valgfriheden mellem naturlig ventilation og mekanisk udsugning indskrænket i 1977. Med bygningsreglementet fra 1977 blev der indført krav om mekanisk udsugning i etageboliger med indeliggende bade- og wc-rum, og med reglementet fra 1982 var kravet gældende for alle etageboliger.

I 1982 indførtes desuden den almindelige regel om, at der i enhver boligenhed skal være et luftskifte på $0,5 \text{ h}^{-1}$.

Med bygningsreglementet fra 1995 blev formuleringerne ændret en smule. Hvor der i bygningsreglementet fra 1982 var krav om, at der i *enhver boligenhed* skulle være *mulighed* for at tilvejebringe et samlet luftskifte på mindst $0,5 \text{ h}^{-1}$, ændredes formuleringerne i 1995 til, at der i *ethvert beboelsesrum* såvel som i *boligen totalt* skulle være et samlet luftskifte på mindst $0,5 \text{ h}^{-1}$. Samtidig indførtes SI-enheden for volumenstrøm l/s pr. m^2 parallelt med begrebet luftskifte, h^{-1} . Et luftskifte på $0,5 \text{ h}^{-1}$ svarer til en volumenstrøm på $0,35 \text{ l/s pr. m}^2$ ved en rumhøjde på 2,5 m.



Efter 2000

I 2006 blev reglementet fra 1995, BR95, og også det såkaldte småhusreglement BR-S 98, revideret radikalt gennem en række tillæg. Ændringerne omfattede først og fremmest skærper på energiområdet, der blev indført som en konsekvens af Danmarks implementering af EU-direktivet om bygningers energimæssige ydeevne, Energy Performance of Buildings Directive (Directive 2002/91/EC). Ændringerne på energiområdet fremgår af tillæg 12 til BR95 og tillæg 9 til BR-S 98. Efterfølgende tillæg, tillæggene 13 og 14 til BR95 og tillæggene 10 og 11 til BR-S 98, rummer mindre justeringer.

Med tillæggene indførtes desuden regler gældende for eksisterende bygninger, som gennemgår en renovering.

Ændringerne blev videreført i bygningsreglementet fra 2008. Reglementet rummede kun mindre ændringer i de tekniske krav i forhold til BR95 og BR-S 98, men med BR08 blev de to hidtidige reglementer sammenlagt til ét reglement. Desuden blev de mange tillæg (BR95 havde 15 tillæg, BR-S 98 havde 13 tillæg) indarbejdet i reglementet. På ventilationsområdet blev der stillet specifikke krav til udeluftventilernes åbningsareal i forhold til rumstørrelsen, og begrebet luftskifte udgik af reglementets kravtekst. I BR08 anvendes alene SI-enheden for volumenstrøm, og kravet er, at der i ethvert beboelsesrum såvel som i boligen totalt skal være en udelufttilførsel på mindst 0,35 l/s pr. m² gulvareal (nettoareal).



2010

Det seneste bygningsreglement, BR10, trådte i kraft den 30. juni 2010. Med BR10 er ventilationsbestemmelserne ændret på flere væsentlige punkter i forhold til reglementet fra 2008. Udvalgte punkter er:

- Muligheden for at ventilere etageboliger ved mekanisk udsugning i køkken og bad i kombination med udeluftventiler i vinduerne eller i ydervæggene i beboelsesrum er bortfaldet. Etageboliger skal ventileres ved mekanisk ventilation, som skal omfatte såvel indblæsning som udsugning, og der skal anvendes varmegenvinding.
- De hidtidige krav om størrelsen af den permanente udsugning fra de såkaldte fugtbelastede rum er bortfaldet. De tidligere krav var, at der skulle udsuges mindst 20 l/s fra køkken, 15 l/s fra bade- og wc-rum og 10 l/s fra wc-rum.
- Kravet til den samlede udelufttilførsel i boliger er "ændret" fra 0,35 l/s pr. m² til 0,3 l/s pr. m². Samtidig er arealgrundlaget imidlertid ændret fra at være nettoarealet (boligens indvendige areal) til at være etagearealet. Ændringen i arealgrundlaget indebærer, at kravet til den samlede udelufttilførsel i realiteten er uændret.
- Der er indført mulighed for at etablere behovsstyret ventilation i etageboliger under forudsætning af, at den samlede udelufttilførsel ikke bliver lavere end 0,3 l/s pr. m².
- Et punkt som også bør fremhæves, selvom det ikke er direkte relateret til boligventilation, er ophævelse af den såkaldte 25-procents regel. Ved ombygninger i eksisterende bebyggelse, der udgør enten over 25 procent af klimaskærmen eller 25 procent af den offentlige ejendomsværdi, skal der efter BR10 ikke længere foretages rentabilitetsberegninger af, om der skal udføres yderligere energibesparende foranstaltninger. Bygningsejeren skal dog stadig foretage efterisolering ved mindre renoverings-, udskiftnings- og ombygningsarbejder, hvis efterisoleringsarbejdet i det konkrete tilfælde er rentabelt. BR10 indbefatter et bilag, bilag 6, som giver eksempler på efterisoleringsarbejder, der normalt er rentable.



Ventilation i eksisterende boliger

Det er muligt at opnå et godt indeklima med naturlig ventilation, men det kræver en adfærd, som ikke alle har: Nemlig, grundig udluftning flere gange om dagen. Samtidigt har en lang række forhold gjort, at mekanisk ventilation i eksisterende boliger er blevet mere påkrævet med tiden.

Her er blot nogle af årsagerne:

1. Ildsteder og brændeovne sikrede en grundventilation i fyringssæsonen. De færreste har det i dag.
2. Boliger er blevet gjort mere tætte med nye vinduer, forsatsvinduer, isolering, tætningslister mm.
3. Vinduer med et lag glas gjorde det tidligere tydeligt, hvornår der var behov for udluftning, nemlig når vanddamp kondenserede på ruderne ved høj luftfugtighed.
4. De fleste boliger har i dag bad, der benyttes flere gange dagligt, uden at der er andet end naturlig ventilation til at optage fugten.
5. Mange har en adfærd, hvor de ikke lugter grundigt ud, da det giver træk og kulde, og der er en forventning om, at det er dyrt pga. øget energiforbrug.
6. Krav til komfort og et sundt indeklima er øget.

Resultatet af manglende eller utilstrækkelig ventilation er dårlige indeklimaforhold, som kan have helbreds-mæssige følger for de, der bor i boliger med dårligt indeklima. Vi opholder os 90 pct. af tiden indenfor.

For administratorer af bygninger er konsekvensen af et dårligt indeklima og utilstrækkelig ventilation typisk skimmelsvampangreb, der for det første er usundt for beboerne og for det andet kan indebære store omkostninger til renovering og udbedring.

Derfor er naturlig ventilation i ældre ejendomme ofte utilstrækkeligt for at sikre et godt indeklima.

Mekaniske løsninger til ventilation

Den store renoveringsindsats, der i disse år gennemføres for at fremtidssikre de almene boliger i hele Danmark, har netop også fokus på at udbedre skimmelsvampproblemer, forbedre indeklimaet gennem minimering af kuldebroer ved isolering af kolde flader, udskiftning af vinduer mm. samt ved at forbedre luftsiftet i boligerne gennem mekanisk ventilation. Ikke mindst i forbindelse med forbedringsarbejder og energirenoveringer er det vigtigt at have fokus på indeklimaet for at opretholde et nødvendigt luftsifte.

Det traditionelle murede byggeri fra perioden 1945-59 er godt håndværk, men med en beskeden fugt- og varmeisolering i tag-, gulv- og ydervægskonstruktioner. Tagene er ofte senere efterisoleret, men gulve og ydervægge viser svaghed, når boligerne bliver tættere, f.eks. ved omfugning og udskiftning af vinduer og udvendige døre, og når kravene om energibesparelser øges som i disse år. Det har medført en øget tilgang af sager, hvor boligerne har varierende, og i enkelte tilfælde ganske betydelige, indeklimaproblemer.

Og mere generelt:

Indeklimaet ændres ofte afgørende i forbindelse med renovering af klimaskærmen på grund af tætning af boligen, hvilket fører til, at der bliver behov for at forbedre luftskiftet i boligen, og dermed sikre et godt indeklima.

Citat fra Landsbyggefondens beretning 2013, p. 30 og 31.

Individuelle mekaniske ventilationsløsninger

Udsugningsventilation er den mest almindelige mekaniske form for ventilation i ældre ejendomme og kan være udført på mange forskellige måder.

Den billigste og mest simple mekaniske ventilation i boliger er individuelle ventilatorer i køkken og på badeværelse (ofte etableret af beboeren selv), der skubber luft op i en ventilationskanal, som er ført til taget. Denne form for ventilation sikrer en lidt bedre ventilation, når ventilatoren kører, men kan på ingen måde anbefales som en løsning til ventilation. Dels fordi ventilatorerne typisk har svært ved at skubbe en søjle af luft op gennem et langt ventilationsrør over taget i en bygning med flere etager. Dels fordi der ingen naturlig ventilation er, når ventilatoren ikke kører, da ventilatoren blokerer for luftens passage i kanalen. Derudover er der problemet med "samtidighedsfaktoren", altså at systemet ofte bliver belastet samtidig af mange beboere, hvis flere lejligheder benytter samme ventilationskanal. Disse løsninger fungerer bedre, hvis afkastet sker gennem en kanal direkte i facaden.

Typisk er ældre beboelsesejendomme i København forsynet med én eller to lodrette ventilationskanaler ført til taget fra køkken og fra bad/toilet pr. bolig. Kanalerne udnytter skorstenvirkningen, hvor boligens varme luft stiger til vejrs i kanalen, jf. kapitlet "Hovedtræk i den historiske udvikling i etageboligventilation" om emrør og aftræksrør i boliger før 1950. Kravene har før 1950 været reguleret af kommunale byggelove og varierer dermed fra kommune til kommune.

Kollektive mekaniske ventilationsløsninger

En bedre løsning er dér, hvor ventilatorerne er placeret på tag eller loft, og suger gennem de eksisterende ventilationskanaler eller via nyetablerede kanaler i køkken og bad. Ledningen af frisk luft sker via ventilationsspalter i vinduerne eller kanaler i facaden. Der er her tale om kollektive anlæg etableret af professionelle leverandører og efter de gældende regler for ventilation af boliger på det pågældende tidspunkt. Denne løsning har en kontinuerlig grundventilation, der så eventuelt kan øges i forbindelse med madlavning og anvendelse af badeværelse.

Disse løsninger sikrer det nødvendige luftskifte, men løsningen har ofte været forbundet med utilfredshed fra beboerne. Det skyldes, at beboerne oplever træk, når udetemperaturen er lav, og generende susen fra ventilerne.

Denne utilfredshed kan medføre, at beboerne lukker friskluftventilerne eller tilstopper udsugningsventilerne, hvilket igen medfører, at anlægget suger endnu mere i de øvrige boliger, hvor beboerne intet har foretaget sig. På den måde kan anlægget komme helt ud af balance og føre til udveksling af luft imellem lejlighederne som følge af trykforskelle mellem boligerne.

Udsugningsventilationen fører også til et stort energiforbrug, da varm luft kontinuerligt suges ud af boligerne, ligesom ventilatorerne kan have et stort elforbrug. Det sidste er nemt at ændre ved at udskifte ventilatorerne med moderne ventilatorer med et lavt elforbrug.

Det er ikke ualmindeligt, at beboerklager over udsugningsventilation har ført til neddrøgning af ventilationen, således at luftskiftet er blevet reduceret.

Balanceret ventilation

Balanceret ventilation er en løsning, der fjerner ulemperne ved udsugningsventilation ganske væsentligt. Her suges igen fra bad og toilet, men en tilsvarende mængde luft bliver tilført opholds- og soveværelser. Eller faktisk en lidt mindre mængde så der altid er et mindre undertryk i boligen. Dette sikrer, at den fugtige in-

deluft ikke presses ud i konstruktionen med deraf eventuelle fugtskader i konstruktionen til følge. Denne løsning kræver et sæt ventilationskanaler til frisk luft og er dermed en væsentligt dyre installation end udsugningsventilation.

Fordelen er, at den kan kombineres med opvarmning af indblæsningsluft fra varmekilder eller via varmegenvinding og yderligere forbedre komforten ved anlægget. Ved varmegenvinding varmeveksles den luft, der fjernes fra boligen, med den friske luft, så varmetabet minimeres.

Det er i dag muligt at lave varmevekslere med en virkningsgrad på over 90 pct., hvilket vil sige, at 90 pct. af den energi indeluften indeholder, overføres til den friske luft. Ligeledes kan frisklufttilførslen filtreres, så partikler og pollen minimeres i boligen.

Ventilation med varmegenvinding kan på mange måder tilgodese alle de krav, vi har til ventilation i boliger. Det sikrer en god ventilation med et begrænset varmetab og uden de trækgener, der kendes fra udsugningsventilationen.

Ventilation med varmegenvinding er også blevet et krav i det nuværende bygningsreglement for boliger og er en forudsætning for, at man både kan opfylde et godt indeklima og et lavt energiforbrug. Der er en række krav til sådanne anlæg med hensyn til støj og vedligeholdelse, som skal opfyldes for at sikre den nødvendige brugertilfredshed, ligesom anlæg og bygning skal være optimerede for at sikre et lavt energiforbrug.

Der er tre forhold, som begrænser udbredelse af balanceret ventilation med varmegenvinding i forbindelse med eksisterende boliger:

1. De er relativt dyre at installere – og beboerne vælger ofte f.eks. elevator i stedet for ventilation.
2. De er vanskelige at installere i eksisterende boliger, da der er behov for kanalføringer internt i boligen samt i forhold til nødvendige indtag og afkast over taget. Den plads kan være vanskelig og dyr at etablere.
3. Det er tekniske løsninger, der kræver vedligeholdelse, og som har en begrænset levetid (10-20 år). Der er behov for skiftning af filtre et par gange om året samt eftersyn af elmotorer, rensning af kanaler mm.
4. Der opnås sjældent en energibesparelse ved installation i eksisterende boliger, hvilket svækker rentabiliteten.

Det sidste skyldes, at man ved installation i eksisterende boliger typisk også forbedrer luftskiftet, som ofte tidligere har ligget på et meget lavt niveau. En forudsætning for at opnå et lavt energiforbrug er, at klimaskærmen er tæt og luftskiftet kontrolleret, hvilket ikke altid kan opnås i eksisterende boliger.

Endelig er der forholdet omkring emhætter, hvor balancerede ventilationsløsninger ikke sikrer den samme store udsugning, som en emhætte almindeligvis gør. Fedt fra madlavning kan meget hurtigt tilsvine kanaler og varmevekslere. Den ideelle løsning er derfor en separat løsning i forhold til emfang/emhætte. Det kan f.eks. være en recirkulerende med kulfiber.

Balanceret ventilation - centrale og decentrale anlæg

Balanceret ventilation med varmegenvinding kan enten være centrale anlæg, hvor varmegenvinderen sidder centralt i bygningen (loft/kælder), og luften fordeles til boligerne derfra. Eller som decentrale løsninger, hvor hver bolig har sin individuelle varmegenvinder.

De centrale anlæg har størst udbredelse i dag, hvilket formentligt skyldes, at de er nemmest at installere og servicere. Alt peger dog på, at de decentrale løsninger vil vinde frem på længere sigt. Dette skyldes dels, at de er mest energiøkonomiske, dels at der ikke er samme behov for brandspjæld, da de har individuel led-

ning af luft til hver bolig. Ligeledes viser undersøgelser, at brugeradfærden – hvor beboerne selv har lov til at styre (lidt), giver en langt større tilfredshed med anlægget.

En forudsætning for denne forudsigelse er, at de individuelle anlæg bliver nemmere at servicere, har en lang levetid og er billige i anskaffelse og installation. For en udlejer er lave installations- og driftsomkostninger af større betydning end et lavt energiforbrug.

Der er en række forhold, som gør decentrale anlæg anbefalelsesværdige, da de sikrer et godt indeklima uden et væsentligt forøget energiforbrug.

Der er dog en række forudsætninger, som skal opfyldes for at sikre et lavt energiforbrug:

1. Der skal vælges gode anlæg med stor virkningsgrad på varmeveksleren.
2. Ventilatorerne skal have et lavt elforbrug.
3. Bygningen skal være relativt lufttæt, så u hensigtsmæssig infiltration undgås. Det sidste kan være vanskeligt at opnå for eksisterende bygninger.

Komfortmæssigt er det en stor gevinst ved sådanne anlæg, og det er den type anlæg, der har størst potentiale på sigt. Et meget almindeligt udsagn fra folk, der har sådanne anlæg i deres bolig, er: "at de fremover ikke vil have en bolig uden et sådant anlæg".

Den største barriere for udbredelse af balanceret ventilation er installationsprisen.

Nybyggeri dominerer markedet for ventilation i boliger

Selvom markedet for mekaniske ventilationsløsninger er voksende for eksisterende boliger, er markedet langt større for nybyggeri, og produktudviklingen har af den grund fokus på nybyggeriet.

Nybyggeri af etageboliger efterspørger typisk de centrale løsninger, da servicering af sådanne anlæg er nemmere, idet filtre, ventilatorer og varmegenvindere er placeret centralt (typisk på tag/loft), og service ikke kræver adgang til den enkelte bolig. Samtidig er det ukompliceret at finde plads til ventilationsanlæg og ventilationskanaler i nybyggeri, da bygningen blot designes, så den plads er til rådighed.

Parcelhusmarkedet og udvikling af passivhus-teknologien og de generelle europæiske krav om lavenergi-byggeri har betydning for, at andre typer af ventilationsløsninger er kommet på markedet. Her er typisk tale om decentrale løsninger og kompakte units, der har kunnet placeres under taget på etplanshuse og med fordeling af luften via kanaler mellem loft og tag til husets værelser. De energimæssigt gode løsninger anvender modstrømsvarmevekslere og har et lavt elforbrug til ventilatorer.

Generelt fungerer en pladevarmeveksler ved, at udsugnings- og indsugningsluften passerer tæt forbi hinanden adskilt af nogle tynde aluminiumsplader eller folier, hvor den varme indeluft afgiver sin varme til den kolde friske luft. Der skelnes mellem krydsvarmevekslere og modstrømsvarmevekslere, hvor krydsvarmeveksleren er mere kompakt, men mindre energieffektiv til forskel fra modstrømsvarmeveksleren, der er længere men mere energieffektiv.

Udfordringer i forhold til boligventilation af etageboliger

I ældre etageboliger er der ofte behov for mere ventilation end den naturlige ventilation, som ejendommene er født med, kan præstere. Behovet for øget ventilation er relateret til en større tæthed af boligerne som følge af vinduesudskiftninger, større fugtbelastning som følge af hyppigere badning end tidligere og en u hensigtsmæssig brugeradfærd, der ikke altid sikrer den nødvendige udluftning og ventilation. Dette fører i mange tilfælde til en forhøjet fugtbelastning og deraf følgende risiko for problemer med skimmel, råd og svamp. Der er tegn på, at den beskrevne situation er tiltagende i omfang.

Samtidig har der været en udvikling, hvor kravene til et bedre indeklima er vokset, ligesom der også stilles større krav til komfort og indeklima fra brugerne af bygningen.

Løsning til afhjælpning af situationen er at sikre den nødvendige tilførsel af ventilationsluft gennem permanent mekanisk ventilation. Dette afspejles også i forrige afsnit omkring den historiske udvikling mht. ventilation.

Tilstrækkelig ventilation og et godt indeklima kan udmærket opnås ved en hensigtsmæssig brugeradfærd. Dette indebærer grundig udluftning flere gange om dagen, for at sikre alle rum er opvarmet i en bolig, at undlade at tørre tøj i boligen eller anden adfærd, der øger boligens fugtbelastning. På hjemmesiden skimmel.dk er der anvisninger til undgåelse af skimmelsvamp for både professionelle og beboere.

Det har imidlertid vist sig vanskeligt at formidle sådanne budskaber til alle beboere eller måske snarere at nå alle og sikre, at de også følger anbefalingerne. Forskellige former for tvangsventilation er derfor eftermonteret i mange ejendomme.

De nye krav om balanceret ventilation er i denne sammenhæng helt klart en gevinst, der kan sikre det nødvendige luftskifte, større beboertilfredshed og et lavere energiforbrug end ved udsugningsventilation. Altså en løsning, der tilgodeser både indeklima og miljø, og der ikke er hinandens modsætning, som tilfældet er med udsugningsventilation. Udfordringen er i den sammenhæng at finde nogle løsninger, som bygningssejere og beboere finder tilfredsstillende, og som de ikke mindst er villige til at investere i, og det er på denne baggrund, nærværende projekt er gennemført.

Markedet for ventilation i boliger ligger hovedsageligt i nybyggeriet. De ventilationsløsninger, der anvendes på eksisterende byggeri, er typisk nybyggeriløsninger, som bliver tilpasset til renovering og ikke løsninger, der direkte er udviklet til eksisterende boliger.

Ser man bort fra de løsninger, som beboerne selv har investeret i, så som emhætter og mekaniske ventilatorer, der monteres på eksisterende naturlige ventilationskanaler, er det særligt i forbindelse med byfornyelsen, at der er sket investeringer i ventilationsanlæg i 1990'erne, og i disse år i forbindelse med de fysiske helhedsplaner for almene boligområder, hvor der sker omfattende renovering og herunder også fornyelse af ventilationsanlæg, men markedet er relativt begrænset, selvom behovet måske er stort.

Spørger man de private udlejere og de større ejendomsadministratorer, er det minimalt, hvad der bliver lavet af ventilationsanlæg med varmegenvinding.

Der er helt klart en økonomisk barriere for at investere i ventilationsløsninger, og da der også har været blandede erfaringer med mekaniske ventilationsløsninger, er der mange boliger, som fortsat kun har naturlig ventilation.

CASES

I de seneste år er der gennemført en lang række forsøgs- og demonstrationsprojekter i eksisterende etage-boligbyggeri, hvor ét af de primære formål har været at nedbringe energiforbruget.

Et centralt element i projekterne har typisk været bygningens og lejlighedernes ventilationsforhold, blandt andet fordi ventilationen udgør en stadig stigende andel af det samlede energiforbrug. Gennemgribende ændringer af ventilationsinstallationerne i en ejendom indebærer ofte omfattende konstruktive indgreb, og som følge heraf er mange af de mere innovative ventilationsprojekter gennemført i forbindelse med større renoverings- og byfornyelsesprojekter. I den sammenhæng har også forbedring af indeklimaet i de enkelte lejligheder, f.eks. i form af forebyggelse af træk og temperaturforskelle, bedre dagslysforhold og mindskelse af støjgener ofte været lige så vigtige elementer.

1. Den nye kakkelovnskrog

Demonstrationsprojektet *Den nye kakkelovnskrog* går i korthed ud på at anvende de eksisterende skorstene som føringsveje for varmerør og ventilationskanaler samt anvende centralt placerede radiatorer. Løsningen er først og fremmest relevant i forbindelse med renovering og byfornyelse af ældre etageejendomme.

Princippet er, at luft udsuges fra boligernes køkken og bade-/wc-rum, og i en varmegenvinder på loftet overføres udsugningsluftens varme til indtagsluften. Den forvarmede udeluft sendes gennem kanaler i de gamle skorstene til boligerne, hvor luften tilføres rummene gennem en radiator placeret ved skorstenen. Herved bliver boligerne varmet op, og ventilationsluften får stuetemperatur, så trækgener undgås.

Udgangspunktet for ideerne var dels de skæmmende radiatorer og varmerør foran ofte fine vinduespaneller, som man ser ved nyetablerede centralvarmeanlæg i ældre ejendomme, dels de problemer ventilationsanlæg giver med træk, støj og højt energiforbrug.

Det overordnede mål var at afprøve muligheder og konsekvenser ved at anvende de eksisterende skorstene som føringsveje for varmerør og ventilationskanaler og at anvende centralt placerede radiatorer. De konkrete mål var at videreudvikle og raffinere systemet samt afprøve det i forskellige etageejendomme. De vigtigste temaer, der skulle afprøves, var:

- udvikling af en veldesignet radiator,
- om varmerør og ventilationskanaler rent fysisk kan rummes i en skorsten,
- om varmefordeling ved placering af radiatorer ved skorsten midt i boligen er god nok,
- om ventilationen giver støj- eller trækproblemer, samt
- om etablerings- og driftsomkostninger ved systemet kan konkurrere med traditionelle anlæg.

Løsningen er afprøvet i tre demonstrationsprojekter. Demonstrationsprojektet *Centralt placerede varmeanlæg* (1998), som blev gennemført på Vigerslev Allé, udgør 1. generation, og her blev ideerne udviklet, og Ribe Jernindustri fremstillede prototypen på radiatoren. De efterfølgende projekter *Absalonsgade 24* (2000) og *Eskildsgade 62-64* (2002) betragtes som henholdsvis 2. og 3. generationsprojekter af det overordnede demonstrationsprojekt *Den nye kakkelovnskrog*.

Absalonsgade 24

Projektet betragtes som 2. generationsprojekt, idet det byggede videre på de erfaringer, som blev høstet i forbindelse med demonstrationsprojektet *Centralt placerede varmeanlæg*, der dog ikke omfattede brug af eksisterende skorstene til føring af varmerør.

Absalonsgade 24-projektet havde som primært formål at vise, at brug af gamle skorstene til friskluftindtag og føring af varmerør til centralt placerede radiatorer giver reduceret varmekonsum, bedre luft/ventilation i boligen, bedre lydisolering og samtidig en æstetisk mere tilfredsstillende varmeinstallation. Desuden var forventningerne, at installationsomkostninger til varmeanlægget på længere sigt ville blive lavere end til traditionelle varmeanlæg. Konkrete tekniske mål var at afprøve renovering af skorstene med en "strømpe", så de kunne anvendes til ventilationskanaler og føring af varmerør, at videreudvikle og igangsætte produktion af en teknisk og æstetisk velfungerende radiatortype samt udvikle filtre til ventilationsindtaget, så indtagsluften ville kunne være af endnu højere kvalitet. Der blev arbejdet med både centralt placerede filtre ved ventilatoren på loftet og med decentrale filtre i de enkelte lejligheder.

Projektet blev gennemført i ejendommen Absalonsgade 24 på Vesterbro i København i forbindelse med en almindelig byfornyelsessag. Ejendommen har én opgang med 12 boliger og er ejet af en andelsboligforening. Alle beboere var genhuset under byggeriet. Projektet omfattede foruden selve forsøgsprojektet tagrenovering, istandsættelse af kælder og fugtforanstaltninger, facaderenovering samt delvis udskiftning af vin-

duer. Nogle af ejendommens vinduer blev renoveret og forsynet med koblede rammer. Mod gården blev der etableret franske altandøre. Alle vinduer og altandøre blev forsynet med energiglas. Alle lejligheder fik nyt bad og køkken, og alle installationer blev fornyet. Etageadskillelsen mod kælderen blev isoleret, og det samme blev taget. Brystringer blev derimod ikke isoleret.

Boligerne i ejendommen er 3-værelsesboliger. Strukturen i boligerne blev bevaret, idet de oprindelige beboelsesrum ikke blev ændret. Det nye baderum blev indrettet i det gamle køkken og entre. Ejendommen har kun én centralt placeret skorsten i hver side, således at alle tre rum i en bolig kan koble kakkelovn /radiator til samme skorsten. Der var derfor alene behov for at etablere 3 specialradiatorer med indblæsning af ventilationsluft i hver bolig. Efter ønske fra beboerne blev der monteret traditionelle radiatorer i køkken og bad.

Ejendommens skorstene blev foret ved "strømpelining". Teknikken er udviklet til at tætne og renovere intakte kloakrør, uden at der er behov for at grave disse op. Teknikken har desuden tidligere været brugt til at tætne aftrækskanaler til naturlig ventilation. Princippet i foringen er, at der langsomt sænkes en strømpe af epoxy ned i røret. Strømpen kan formes, mens den er varm, og den holdes varm af varmt vand. Så snart strømpen er afkølet, størkner den. De to skorstene blev foret på én dag.

Miljøet havde høj prioritet i projektet, og som en del af resultatrapporteringen blev det anbefalet, at der iværksættes undersøgelser af, om der findes alternative løsningsmuligheder, som økonomisk kan konkurrere med den valgte løsning.

Resultaterne af målinger af rumtemperatur og relativ luftfugtighed viste normale forhold, dvs. svarende til forhold ved traditionelle anlæg. Det blev konstateret, at der forekom luftoverførsel mellem lejlighederne, men årsagen kunne ikke afdækkes.

Spørgeskemaundersøgelsen viste, at beboerne generelt mener, at udsugningen i køkkenet fungerer utilfredsstillende, mens udsugningen i bad/toilet fungerer bedre. Flere beboere nævner, at de finder luften i lejligheden meget tør. En beboer er besværet af, at der lugter af tobaksrøg og mados fra ventilationen.

Anlægsudgiften for radiatoranlægget svarede nogenlunde til udgiften til et traditionelt anlæg. Føringsvejene er billigere, til gengæld blev der gjort mere ud af radiatorens design. Ventilationsanlægget er dyrere i anlæg, da det omfatter både indblæsning, udsugning og varmegenvinding. Projektets datamateriale tillod ikke analyser af forholdet mellem omkostninger til varmegenvinding og energibesparelser.

En opgave, som bød på særlige vanskeligheder, var indpasning af ventilationsaggregat og tilhørende kanalføring i loftrummet. Vanskelighederne er antageligvis almindeligt forekommende i byfornyelsesejendomme, og navnlig når det gælder nye aggregater med varmegenvinding, er det nødvendigt at tage højde for, at ikke blot selve aggregatet men også tilhørende udeluftindtag, indblæsnings- og udsugningskanaler samt afkast til det fri fylder mere end et traditionelt mekanisk udsugningsanlæg.

Eskildsgade 62-64

På tilsvarende måde som *Absalonsgade 24*-projektet betragtes som 2. generationsprojekt, betragtes *Eskildsgade 62-64*-projektet som 3. generationsprojekt. Projektet byggede på erfaringer opnået dels i demonstrationsprojektet *Centralt placerede varmeanlæg* i Valby dels fra *Absalonsgade 24*-projektet.

Som udgangspunkt havde demonstrationsprojektet i Eskildsgade 62-64 til formål:

- at påvise, at princippet med at indblæse forvarmet udeluft (taget ind i taghøjde) gennem centralt placerede radiatorer giver en bedre luftkvalitet end tilsvarende byfornyeede ejendomme med traditionelle udsugningsanlæg
- at opnå et større grundlag - flere typer boliger - til at vurdere varmebesparelsen og varmekomforten
- at undersøge lyd gennemgang mellem lejligheder: Bjælkelag med lerindskud i byfornyelsesejendomme har i forvejen dårlig lydreduktion
- at afprøve princippet igen dels for at finpudse de byggetekniske problemer, dels for at indarbejde systemet som en standardvare med henblik på at billiggøre det.

Demonstrationsprojektet blev gennemført i ejendommen Eskildsgade 62-64, som ligger på Indre Vesterbro i København. Ejendommen, der er en ejerlejlighedsejendom, er opført i 1890. Ejendommen var velegnet til demonstrationsprojektet, idet ejendommen skulle moderniseres med nye køkkener og bad og nye installationer, herunder nyt varme- og ventilationsanlæg. Ejendommen havde forud for byfornyelsen to opgange og i alt tyve 2-værelses boliger samt oprindeligt erhverv i kælderen. Ved byfornyelsen blev boligerne sammenlagt to og to til i alt ti 3-værelsesboliger. Ventilations- og varmeinstallationer blev ført i tre skorstene, der har direkte adgang til alle rum. Mod gården blev der etableret et stort sammenhængende rum opdelt af en bad- og køkkenkerne, der blev muret op som et tårn på et nyt fundament i kælderen.

I modsætning til *Absalonsgade 24*-projektet blev skorstenene ikke foret ved "strømpelining". Tætningen skete ved at montere stålventilationsrør i skorstenene, og som en del af projektet blev det demonstreret, at både varmerør og ventilationsrør uden problemer kunne indpasses. De større rum i de sammenlagte lejligheder krævede større radiatorer end i de tidligere projekter, hvilket uden problemer kunne tilpasses systemet. Æstetisk svarer radiatorerne til løsningen i *Absalonsgade 24*. De lidt større radiatorer passer til rummene, og i hjørner, hvor skorstenen udgør et udadgående hjørne, blev valgt en løsning, hvor radiatoren blev anbragt parallelt med væggen, hvorved man kunne bruge en mindre bred radiator.

Der blev ikke foretaget egentlige målinger af indeluftens kvalitet men ved at påvise, at luften i boligen overvejende kom gennem skorstenene fra tagniveau, blev det betragtet som en rimelig antagelse, at der opnåedes højere luftkvalitet end i tilsvarende byfornyejede ejendomme med traditionelle udsugningsanlæg. Ventilationsmålingerne viste, at der ikke skete væsentlig overførsel af luft mellem lejlighederne.

Resultater af målingerne af rumtemperatur og relativ luftfugtighed kunne kun give begrænset information, da boligerne var ubeboede under målingerne. Måleresultaterne indikerede imidlertid, at temperaturen ved ydervægge kun var lidt lavere end generelt i rummet.

Lydmålinger viste ikke nogen forbedring af lydisoleringen i forhold til en tilsvarende ejendom med et traditionelt ventilationsanlæg. Der blev ikke monteret lyddæmpere ved skorstenene, og målingerne viste, at der her forekom en vis lydtransmission, ligesom der også gjorde ved gennemføringer til varmerør. I spørgeskemaundersøgelsen i *Absalonsgade 24*-projektet blev dette ikke opfattet som et problem. Systemet er dog stadig en klar forbedring overfor støj udefra (trafik mv), da ventilering af boligen kan foregå uden at åbne vinduer.



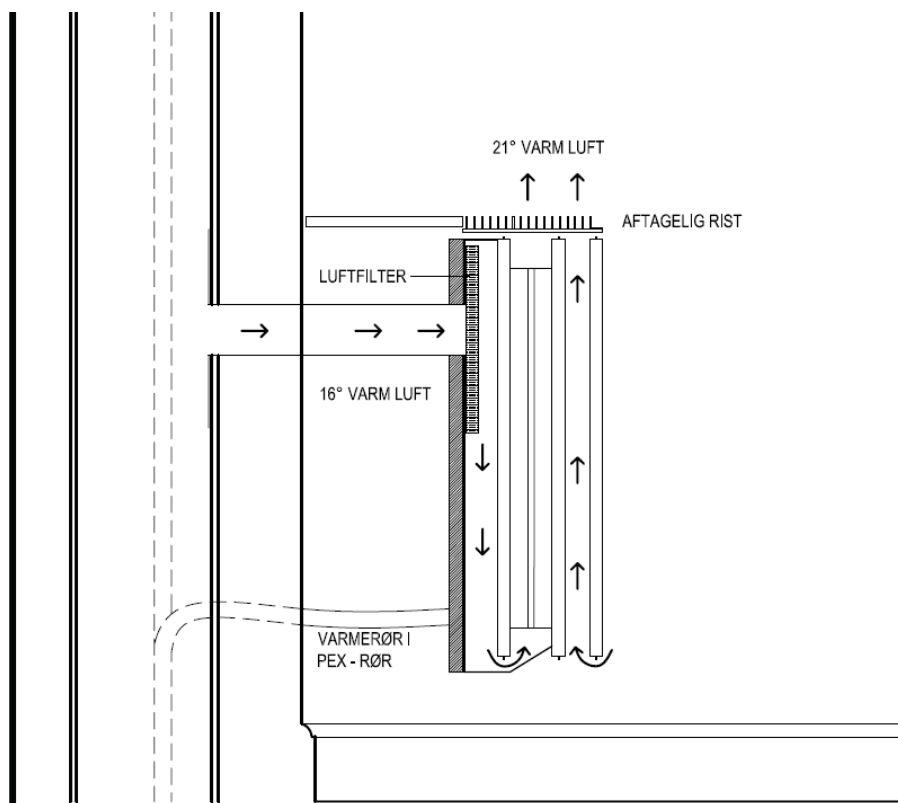
Figur 1. Radiator, Absalonsgade. [Rapport, Sept. 2003, Byens Tegnesteue, Stig Lindholm]



Figur 2. Radiator, Absalonsgade. [Rapport, Sept. 2003, Byens Tegnestue, Stig Lindholm]



Figur 3. Radiator, Eskildsgade. [Rapport, Sept. 2003, Byens Tegnestue, Stig Lindholm]



Figur 4. Radiator, Eskildsgade. [Varme- og ventilationsanlæg. Udnyttelse af skorstensskakte i ældre etageejendomme. Velfærdsministeriet, 2008. ISBN: 87-7546-390-3].

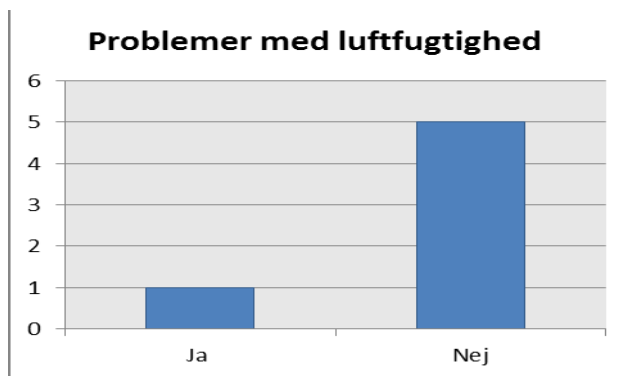
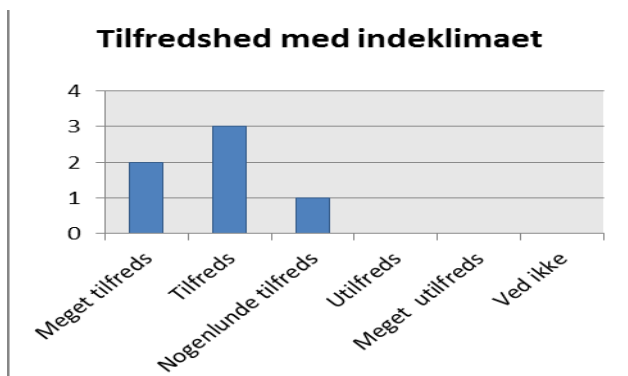
Brugerundersøgelse af ventilation og indeklima i Eskildsgade 62-64

Ejendommen Eskildsgade 62-64 blev i perioden 1997-2002 byfornyset. I den forbindelse blev der gennemført et forsøg med centralt placerede radiatorer og ventilation via de gamle skorstene i ejendommen. Ejendommen har 10 lejligheder på 96 m² med et stort køkkenalrum og opholdsrum og 2 værelser i hver lejlighed. Formålet med undersøgelsen var at dokumentere beboernes erfaringer med anlægget og deres vurdering af indeklimaet, efter radiatorer og ventilation havde fungeret i en 10-årig periode. 6 husstande har besvaret spørgeskemaet, dvs. 60 pct. af husstandene.

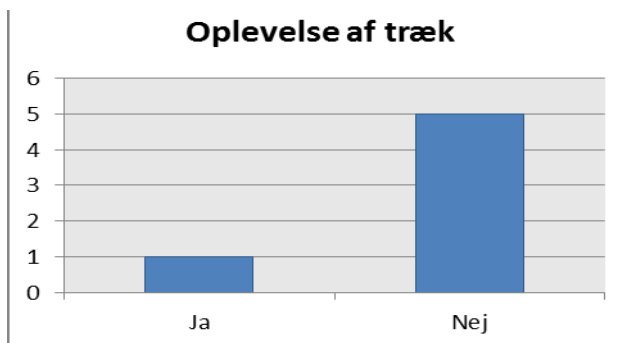
En af husstandene boede i lejligheden inden renoveringen, de øvrige er flyttet ind efterfølgende. Husstandene fordeler sig som følger:

- 2 husstande består af 1 voksen
- 2 husstande består af 2 voksne
- 1 husstand består af 2 voksne og 1 barn
- 1 husstand består af 2 voksne og 2 børn

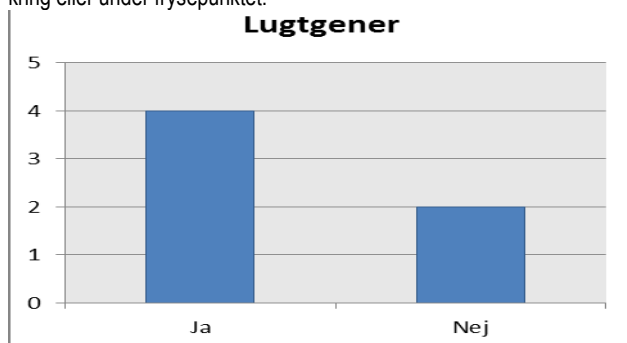
Resultaterne af undersøgelsen er vist nedenfor.



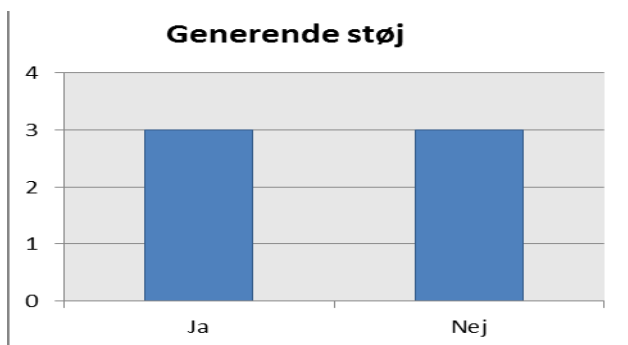
En husstand oplever at luften ofte er meget tør. Ingen husstande oplever, at der ofte er dug på vinduerne, når temperaturen udenfor er omkring eller under frysepunktet.



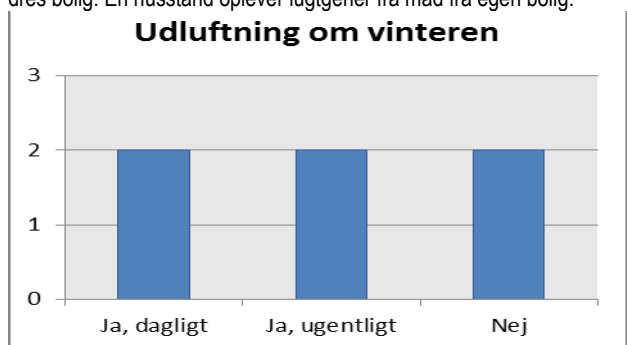
En husstand oplever træk i køkkenet som følge af ventilationsanlægget.



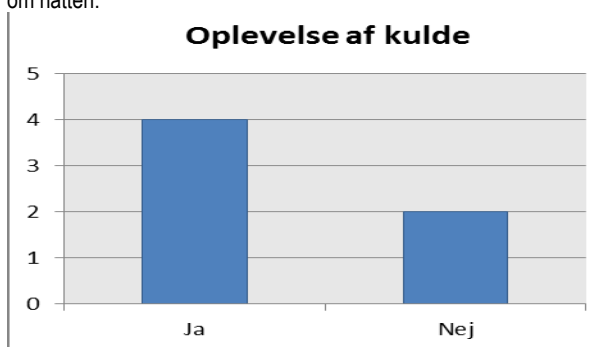
Alle fire husstande, der oplever lugtgener, er generet af røg fra andres bolig. En husstand oplever derudover lugtgener fra madlavning fra andres bolig. En husstand oplever lugtgener fra mad fra egen bolig.



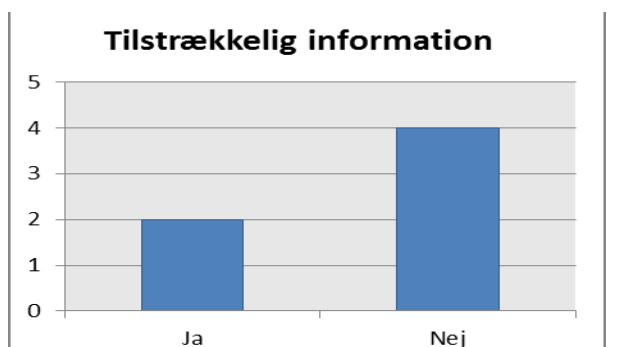
Tre husstande oplever generende støj fra ventilationsanlægget. Heraf oplever en husstand både støj om dagen og om natten fra badeværelse, opholdsrum og emhætte. En husstand oplever støj i opholdsrum både om dagen og om natten. En husstand oplever støj i opholdsrum om natten.



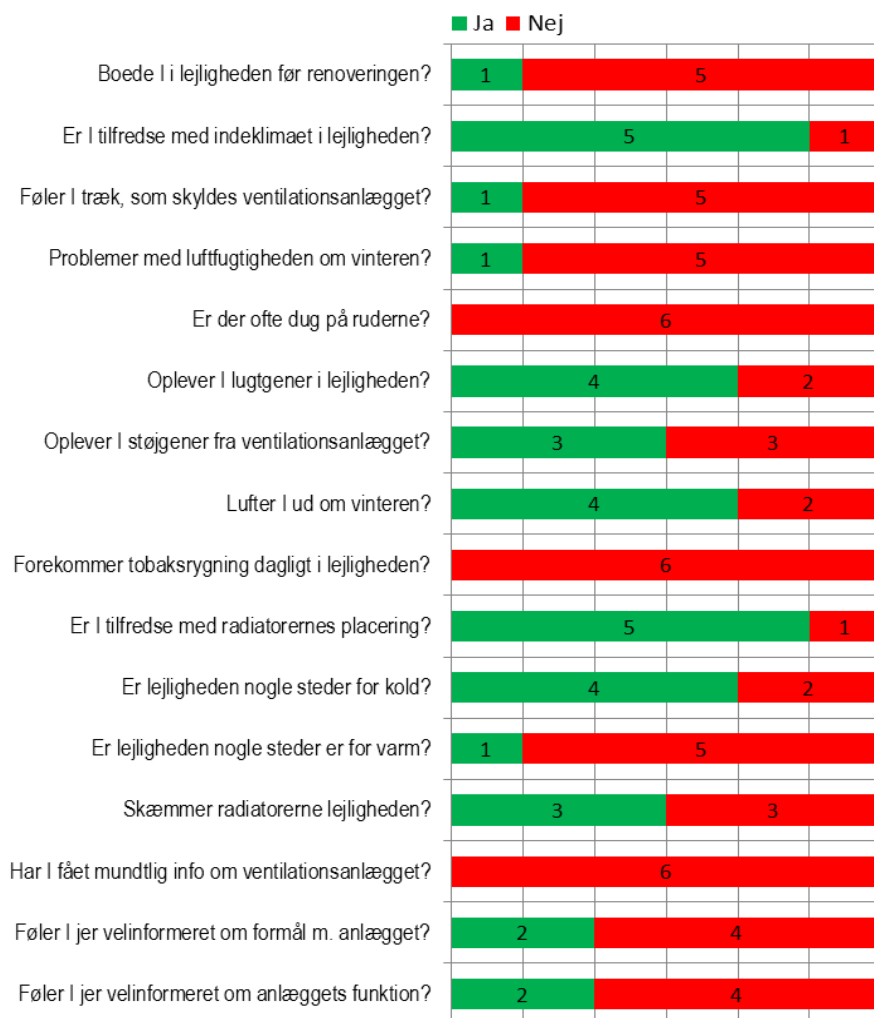
De fire husstande, der udlufter, angiver, at de udlufter for at få frisk luft. En husstand angiver desuden, at de udlufter, fordi det føles rart. En husstand angiver, at de udlufter på grund af lugt, da emhætten ikke er kraftig nok. Ingen af husstandene har angivet, at der ryges dagligt.



En husstand synes, at der er for koldt i hele lejligheden, to husstande synes, at der er koldt i opholdsrummet, en husstand synes, at der er koldt i køkkenet. Ingen oplever, at der er for varmt i lejligheden.



To husstande føler sig godt informeret om ventilationsanlægget, og hvordan det fungerer; fire føler sig utilstrækkeligt informeret. Ingen har modtaget mundtlig information omkring ventilationsanlægget.



Øvrige bemærkninger

En husstand oplever, at ventilationsanlægget er med til at suge kold luft ind fra køkkentrappen.
En husstand angiver, at der mangler radiatorer ved vinduerne, og at hele lejligheden er kold i gulvhøjde.

Installationsomkostninger

De faktiske omkostninger til håndværkere til installation af ventilationsdelen i *Absalonsgade 24*-projektet blev opgjort til at være i størrelsesordenen det dobbelte af et tilsvarende traditionelt anlæg; henholdsvis godt 200.000 kr. og ca. 100.000 kr.

Omkostningerne vil være steget siden, men til gengæld er der sket en udvikling i ventilatorers energieffektivitet, så energibehovet til drift af ventilatorer er mindsket betydeligt. Ventilationsdelen er noget dyrere i anlæg end et traditionelt anlæg, men varmebesparelsen er så væsentlig, at det anslås, at tilbagebetalingstiden vil være mindre end 8 år.

Drift

Det kan konstateres, at der ikke er rapporteret driftsforstyrrelser, og varmemålere er nemmere at aflæse end i et traditionelt system. Ventilationssystemet har en mindre ekstraomkostning til udskiftning/rensning af filtre dels ved ventilator, dels i boligerne ved hver radiator. Den største økonomiske difference er imidlertid varmebesparelsen grundet genindvinding af varmen fra ventilationsafkastet. Ventilationsanlæggets totale driftsudgifter til el og opvarmning af ventilationsluften anslås til ca. 20.000 kr./år, mens driftsudgifterne til et traditionelt anlæg kan anslås til ca. 34.000 kr./år.

2. Decentrale ventilationsanlæg (Gyldenrisparken)

Boligbebyggelsen Gyldenrisparken på Amager er opført i 1965-1969 som et betonboligbyggeri i 4 etager. I årene 2008 til 2010 har bebyggelsen gennemgået en omfattende renovering i forbindelse med EU-projektet *Demohouse*, hvis fokus var planlægning af storskala-energirenoveringsprojekter.

Hovedfokus ved energirenoveringen af Gyldenrisparken er lagt på innovative ventilationsløsninger med varmegenvinding. Ventilationsløsningen er en ventilationsenhed baseret på en ny type varmegenvindings-teknologi, som har en temperaturvirkningsgrad på mellem 80 og 90 pct. Varmevekslerne har et meget kompakt design, som gør disse særdeles anvendelige for bygningsintegration både i forhold til nybyggeri og renovering. Varmeveksleren kan f.eks. placeres over et nedsænket loft i badeværelset.

Gyldenrisparken består af et antal boligblokke, og i begyndelsen af projektet blev ventilationsløsningen installeret og afprøvet i to prøveboliger. Løsningen blev tilrettet og efterfølgende installeret i en hel blok. Den pågældende boligblok betegnes som blok 11. I de resterende blokke, herunder familieboligerne i blok 12, blev der installeret nye udsugningsventilatorer og nye vinduer med udeluftventiler. Blok 11 og 12 består hver af 32 familieboliger med 3-5 værelser.

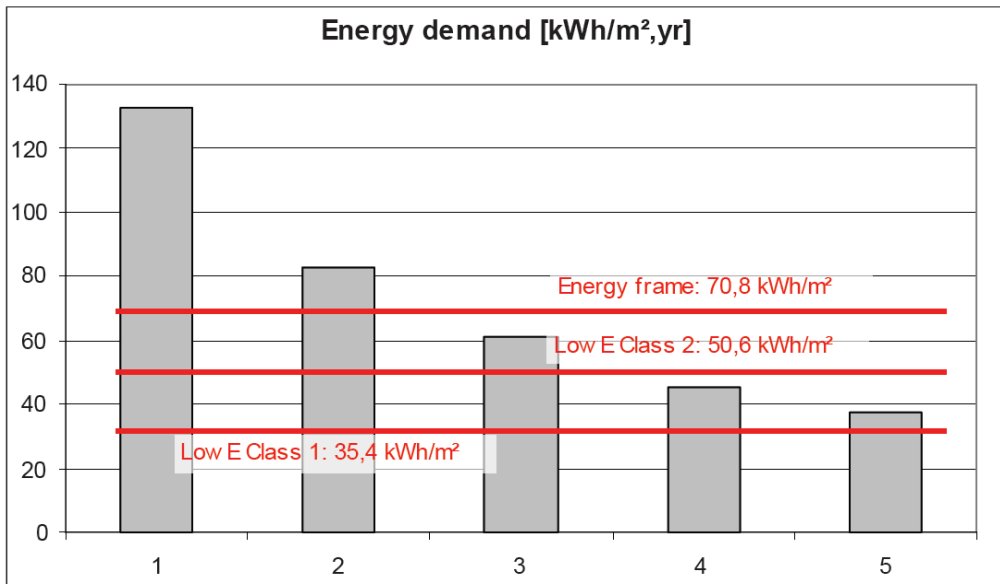


Gyldenrisparken før renoveringen.

Beregninger blev gennemført for flere scenarier på basis af SBI's BE06 beregningsprogram, med midler fra EU-Demohouse (www.demohouse.net) :

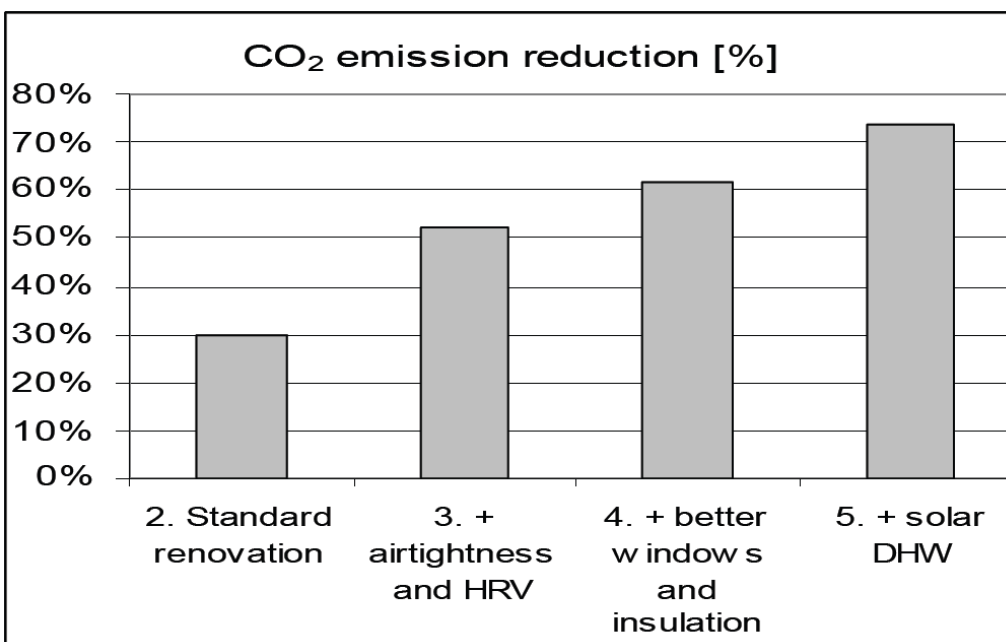
1. Den eksisterende situation
2. En standard renovering med facader isoleret med 100 mm mineraluld og nye vinduer med U-værdi $1,4 \text{ W/m}^2\text{°C}$
3. Standard renovering inkl. lufttæthed og balanceret ventilation med varmegenvinding (0,1 /h infiltration og varmegenvinding på 85%)

4. Scenarie 3 forbedrede vinduer (U-værdi 1,0 W/m²°C) og ekstra 100 mm isolering på taget
5. Scenarie 4 med solvarme til varmt brugsvand. 75 m² solfanger pr. boligblok til 60% årlig dækning af varmebehovet til varmt brugsvand



Beregnet energiforbrug for hvert af de 5 scenarier i Gyldenrisparken. Lavenergiklasse 2 svarer til BR2010 og lavenergiklasse 1 svarer til lavenergiklasse 2015

Som det ses giver ventilation med varmegenvinding den største indflydelse på energibesparelserne.



Og tilhørende CO₂ emissioner for de 5 scenarier



Eksempel på testanlæg i Gyldenrisparken med genvinderenhet placeret over nedsænket loft i badeværelse

Totaløkonomiske beregninger bekræftede, at de nævnte energibesparelser var dem med størst effekt, og at man faktisk kunne nå et niveau svarende til BR2010 med en god økonomi for brugerne. Samtidigt var det tydeligt, at ventilation med varmegenvinding var afgørende for at nå denne målsætning.

Programme for evaluation of energy performance and diagnostic of operation malfunctions

© Danish Energy-Diagnostic

Input in blue cells

Output in red cells Building: Gyldenrisparken

Current consumption

Calculated annual heat consumption:

Total	299477 kWh/year
pr. m ²	120 kWh/m ²
Incl. Distribution network	299477 kWh/year
	120 kWh/m ²

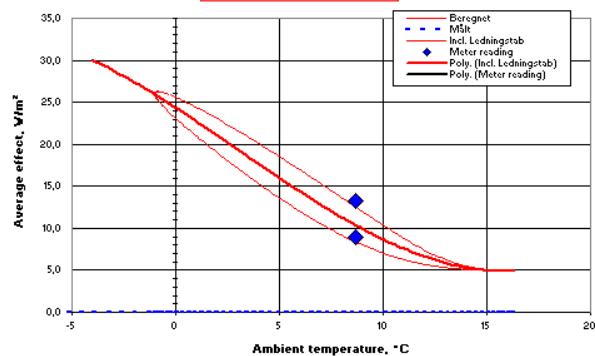
Measured annual heat consumption

Total	0 kWh/year
pr. m ²	0 kWh/m ²
Heated floor area:	2506 m ²
Hereof basement floor area:	0 m ²
	(not heated)

Heat Characteristic

© Danish Energy-Diagnostic

$$y = 0,0035x^3 - 0,0319x^2 - 1,5978x + 24,366$$



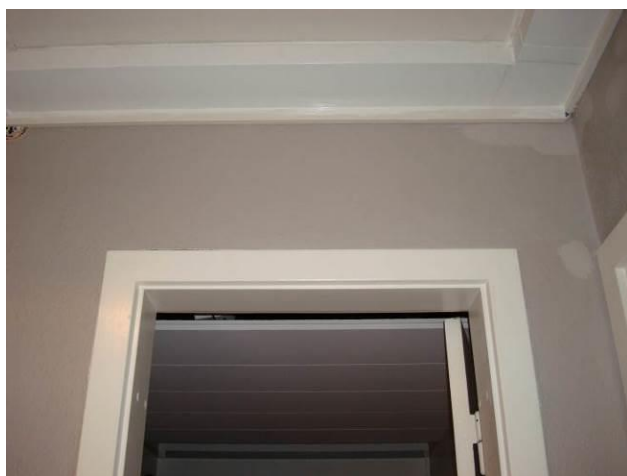
Eksempel på energisignatur beregning for Gyldenrisparken.

Scenario	Costs, operation heating [Euro]	Costs, operation electricity [Euro]	Costs, operation water [Euro]	Costs, operation total [Euro]	Costs, investment [Euro]	Pay-back time [years]
1. Existing situation	26349	8640	10282	45271	0	0
2. Standard renovation	16370	8640	9768	34777	345.942	33
3. + airtightness and HRV	11229	5760	7711	24700	433.142	9
4. + better windows and insulation	8064	5760	7711	21535	628.373	21
5. + solar DHW and PV for ventilation	6451	5040	7711	19202	675.873	21

Investeringer og tilbagebetalingstid for de 5 scenarier. Selvom ventilation med varmegenvinding var ganske økonomisk, var det svært at gennemføre for den store byggesag på det tidspunkt ud fra de lånemuligheder og omkostninger, der var.



Desværre var der en del kuldebroer i den færdige renovering, som ellers på mange måder var vellykket.



Eksempel på indpasning af luftkanaler i gangareal i en af de 27 lejligheder, der fik udført ventilation med varmegenvinding. Ligner lidt en gammeldags stuk.



Denne rektangulære luftkanal i køkken synes beboerne var acceptabel. Et forsøg på brug af en rund kanal var man derimod negativ overfor.



Selvom man opførte en testfacade inden renoveringen indgik vurdering af kuldebroer ikke i evalueringen.

Brugerundersøgelse

I marts 2009 blev der gennemført en spørgeskemaundersøgelse i blok 11. Undersøgelsen havde til formål at dokumentere beboernes erfaringer med ventilationsanlægget med varmegenvinding nogle måneder efter, at anlægget var taget i brug. Undersøgelsen viste, at beboerne overvejende var positivt stemt overfor ventilationsanlægget, og de fleste syntes, at deres indeklima var blevet forbedret. Dog mente over halvdelen af beboerne, at ventilationsanlægget æstetisk skæmmede boligen. Undersøgelsen viste også, at næsten alle husstande luftede ud i vinterhalvåret, selvom det betyder, at gevinsten ved et reduceret energiforbrug vil være mindre. Anlægget var indrettet til at udskifte luften i boligen i løbet af 2 timer ($0,5 \text{ h}^{-1}$), men da anlægget på daværende tidspunkt ikke havde været i brug mere end et par måneder, havde beboerne formentlig endnu ikke fået indarbejdet nye udluftningsvaner.

Formålet med brugerundersøgelsen, som er gennemført i dette projekt, har været at følge op på beboernes erfaringer med ventilationsanlægget og deres vurdering af indeklimaet, efter at det nye ventilationsanlæg har været i brug i 3 år. Desuden har formålet været at sammenligne erfaringer med ventilationsanlægget i blok 11 med en referenceblok med en standard ventilationsløsning for at opnå viden om forskelle i brugererfaringer mellem de to typer anlæg.

Udover denne brugerundersøgelse omfatter undersøgelsen dels målinger af ventilations-, temperatur- og fugtforhold i to udvalgte lejligheder i hver af de to blokke, dels registreringer af energiforbruget til opvarmning i de to blokke.

Resultater af brugerundersøgelsen

13 husstande har besvaret spørgeskemaet, hvilket svarer til 41 pct. af husstandene i blokken. 10 ud af 13 husstande har boet i lejligheden inden renoveringen, 1 husstand har ikke svaret på dette spørgsmål.

9 husstande har besvaret spørgeskemaet, hvilket svarer til 28 pct. af husstandene i blok 12. 8 ud af 9 husstande har boet i lejlighederne inden renoveringen.

Indeklima

Andelen af husstande, der er tilfredse med indeklimaet, er stort set sammenfaldende for de to blokke. Lidt over 2/3 er tilfredse med indeklimaet, og tilsvarende er lidt under 1/3 utilfredse.

Der er flere beboere i blok 11 end i blok 12, der mener, at indeklimaet er blevet bedre efter renoveringen. I blok 11 kan næsten halvdelen af beboerne mærke en forbedring, mens det kun er lige under 1/4 af beboerne i blok 12, der kan mærke en forbedring. I blok 12 er der endvidere flere husstande (38 pct.), der oplever et dårligere indeklima efter renoveringen end i blok 11 (10 pct.).

I forhold til den tidligere brugerundersøgelse i blok 11 er oplevelsen af et forbedret indeklima ikke helt så markant i 2012 som i 2009. I 2009 oplevede 80 pct. af husstandene en forbedring i indeklimaet i modsætning til 45 pct. i dag.

Træk

Omkring halvdelen af husstandene oplever træk. Lidt flere oplever træk i blok 11 end i blok 12. Trækken opleves i forskellige rum i de to blokke.

Under en femtedel af beboerne i blok 11 oplevede træk i 2009, hvor det i dag er lidt over halvdelen.

Luftfugtighed

I blok 11 oplever ca. 1/3 af husstandene problemer med luftfugtighed om vinteren med enten fugtig eller meget fugtig luft. I blok 12 oplever ingen af husstandene problemer med luftfugtighed om vinteren.

Lugtgener

Næsten halvdelen af husstandene i blok 11 føler sig generet af lugtgener i boligen fra egen madlavning, fra andres madlavning og fra tobaksrøg fra andres bolig. Kun 1 husstand i blok 12 føler sig generet af lugtgener, som kommer fra egen madlavning.

Udluftning

Stort set alle husstande i blok 11 og 12 udlufter dagligt ved at åbne vinduer og altandøre på nær 1 husstand i blok 11.

Næsten halvdelen af husstandene i både blok 11 og 12 har altid et vindue på klem i soveværelset. Husstandene i blok 11 udlufter overvejende "længerevarende få gange dagligt", "korterevarende få gange dagligt" eller "har altid et vindue på klem". I blok 12 udlufter husstandene overvejende "korterevarende flere gange dagligt" og "længerevarende få gange dagligt".

I blok 11 lufter langt de fleste ud for at "få frisk luft", og næsten halvdelen lufter ud på grund af lugtgener. Under 20 pct. lufter ud på grund af vane. I blok 12 udlufter langt de fleste ligeledes for at "få frisk luft". Lidt over 50 pct. lufter ud, fordi "det føles rart", og lidt under 50 pct. lufter ud på grund af vane.

I 2009 udluftede 90 pct. af husstandene i blok 11. De fleste luftede ud i køkken og i soveværelse. Næsten alle husstande luftede ud for at "få frisk luft". Halvdelen af husstandene luftede ud på grund af vane og halvdelen, fordi "det føles rart".

Dug på vinduerne

Lidt flere husstande i blok 11 end i blok 12 oplever, at der er dug på vinduerne, når der er 0° udenfor, og gardinerne ikke er trukket for. Lidt under 40 pct. af husstandene i blok 11 oplever dug på vinduerne og lidt over 20 pct. i blok 12.

Luftkvaliteten

Alle husstande i blok 12 oplever luftkvaliteten som almindelig i vintermånederne. I blok 11 oplever næsten 75 pct. af husstandene luftkvaliteten som almindelig, mens næsten 25 pct. oplever luftkvaliteten som frisk. Én husstand oplever luften som indelukket.

Støj fra ventilationsanlægget

Betydeligt flere i blok 12 end i blok 11 oplever generende støj fra ventilationsanlægget. I blok 12 er lidt under halvdelen generet af støj, mens kun en enkelt husstand i blok 11 er generet. Husstande i blok 12 oplever støjen i forskellige rum både nat og dag. En husstand i blok 11 oplever generende støj i alle rum både nat og dag.

I brugerundersøgelsen fra 2009 oplevede 25 pct. af husstandene (5 husstande) generende støj fra ventilationsanlægget i blok 11.

Anlæggets æstetik i blok 11

I 2009 var det næsten 50 pct. af husstandene, der mente, at ventilationsanlægget skæmmede boligen og var grimt at se på. I 2012 er det ca. 25 pct. af husstandene i blok 11, der synes, at ventilationsanlægget skæmmer deres bolig.

Sammenfatning

Sammenfattende viser spørgeskemaundersøgelsen, at både i blok 11 og 12 er størstedelen generelt tilfredse med deres indeklima, men der er større tilfredshed med indeklimaet i blok 11 end i blok 12. Tilfredsheden er dog væsentligt mindre i dag end i 2009, hvor langt størstedelen af husstandene oplevede en forbedring i indeklimaet.

Der er ikke klar forskel i oplevelsen af træk i blok 11 og 12; ca. halvdelen oplever træk. Til gengæld oplever langt flere i blok 11 træk i dag end i 2009.

Det er kun husstandene i blok 11, der oplever problemer med luftfugtigheden om vinteren, hvor ca. en tredjedel er generet. Ligeledes oplever flere husstande i blok 11 end i blok 12 dug på vinduerne.

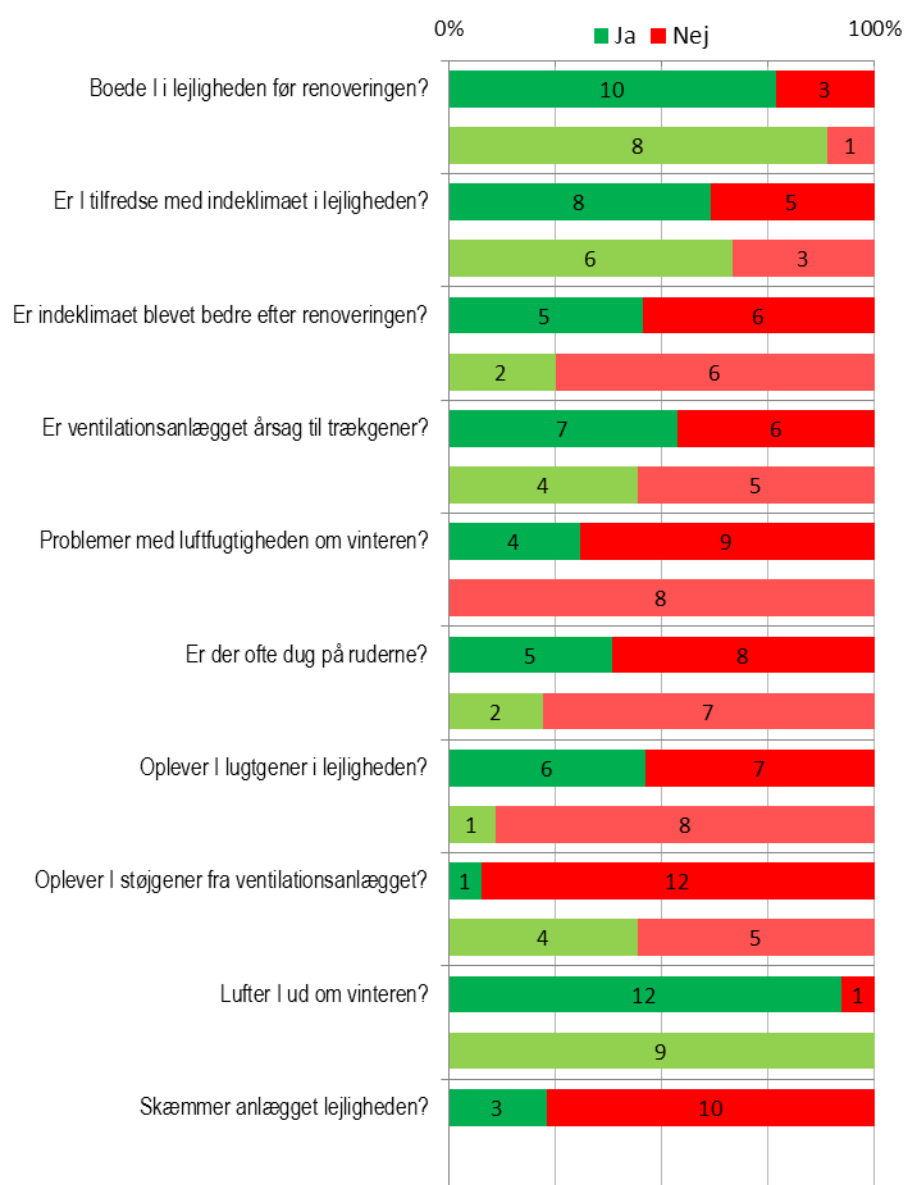
Husstandene i blok 11 er langt mere generet af lugtgener i forhold til blok 12. I blok 11 generes beboerne af madlugt fra egen madlavning, af lugt og tobaksrøg fra andre boliger.

Stort set alle husstande i de to blokke udlufter dagligt. I blok 11 har betydeligt flere altid et vindue på klem end i blok 12. I forhold til undersøgelsen i 2009 angiver færre beboere i blok 11, at de udlufter på grund af vane; de fleste udlufter i dag for at få frisk luft og på grund af lugt. I blok 12 udluftes overvejende, fordi det føles rart og på grund af vane.

Luftkvaliteten opleves af langt de fleste i både blok 11 og 12 som almindelig om vinteren. Dog er der husstande, der henholdsvis oplever luftkvaliteten som frisk og som indelukket i blok 11.

I dag oplever færre i blok 11 generende støj fra ventilationsanlægget end i 2009. Samtidig oplever væsentligt flere i blok 12 generende støj fra ventilationsanlægget end i blok 11.

I forhold til 2009 føler færre husstande i blok 11, at anlægget skæmmes boligen.



Figur 5. Sammenfatning af uddrag af spørgeskemaundersøgelsen i Gyldenrisparken 2011. Inden for hvert spørgsmål gælder den øverste bjælke blok 11 (decentralt anlæg), mens den nederste bjælke med de lidt lysere grønne og røde markeringer gælder blok 12 (central udsugning). Tallene i bjælkerne angiver antal husstande, som har besvaret spørgeskemaet.

Indeklimamålinger

Der er foretaget målinger i to boliger i blok 11 (Gyldenrisparken 6 og 10) og to boliger i blok 12 (Gyldenrisparken 14 og 18). Blok 11 er den blok, hvor der er balanceret ventilation med varmegenvinding. Målingerne har omfattet måling af:

- Rumtemperaturen
- Rumluftens relative fugtighed
- Den gennemsnitlige ventilation

Rumtemperatur og relativ luftfugtighed er målt ved kontinuert registrering ved hjælp af programmerbare dataloggere. Registrering er sket hvert 30. minut. Som hovedregel er der målt to steder i boligen, henholdsvis i stuen og i det primære soverum. I to boliger er der desuden målt i boligens "tredje rum".

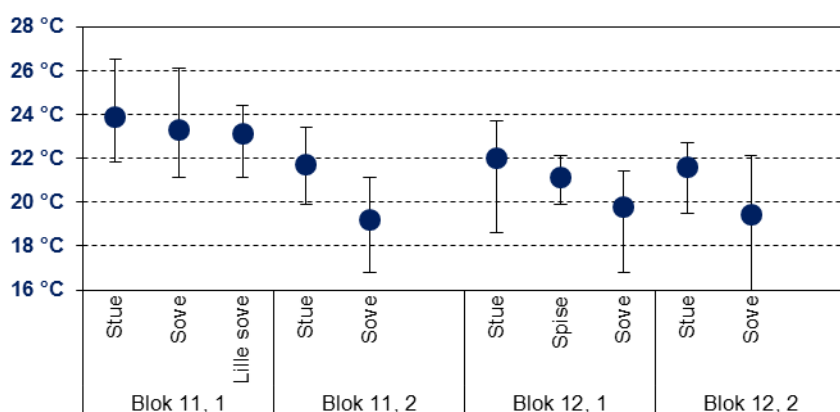
Måling af den gennemsnitlige ventilation i måleperioden er foretaget ved hjælp af passiv sporgasteknik, den såkaldte PFT-metode. Sporgas frigives kontinuert med en kendt rate og passivt fra miniature sporgaskilder. Registrering af den gennemsnitlige sporgaskoncentration i rumluften sker ved passiv opsamling i adsorptionsrør. Adsorptionsrørene analyseres i laboratoriet ved termisk desorption og gaschromatografi.

Resultaterne af ventilationsmålingerne er angivet ved enheden l/s pr. m² etageareal, jf. BR10, kap. 6.3.1.2, stk. 1. Kravet i det tidligere BR08 reglement var afgivet som 0,35 l/s pr. m² *nettoareal*, hvilket svarer til BR10-kravet på 0,3 l/s pr. m² *etageareal*.

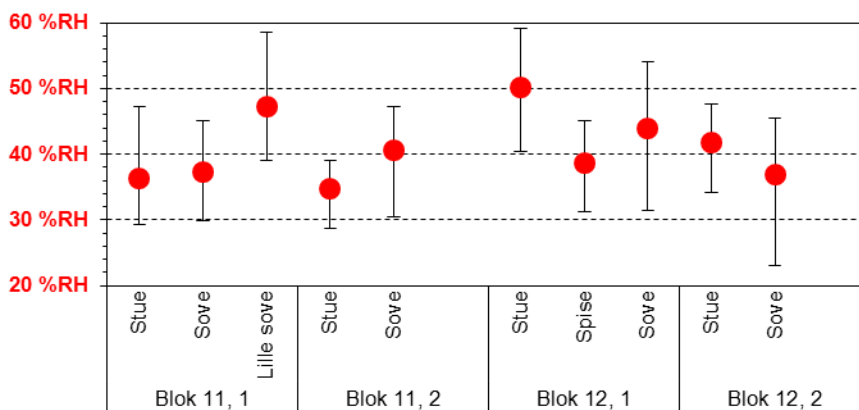
Målingerne er foretaget fra mandag den 26. marts til mandag den 2. april 2012.

Resultatet af målingerne

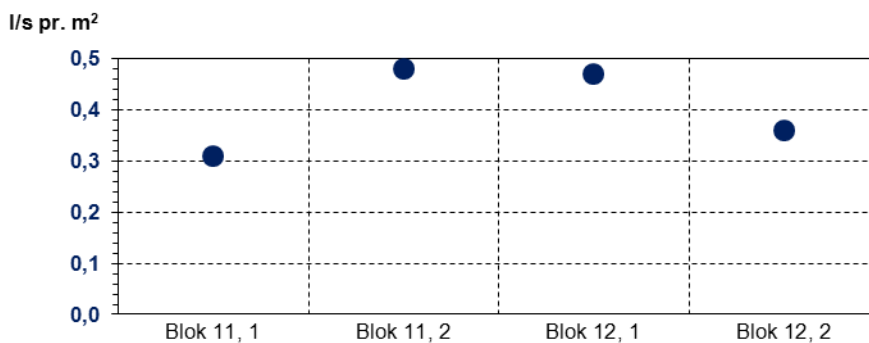
Figur 6, Figur 7 og Figur 8 nedenfor viser resultaterne af målinger af rumtemperaturen, rumluftens relative fugtighed og boligens gennemsnitlige ventilation.



Figur 6. Målt rumtemperatur i to boliger i blok 11 og to boliger i blok 12.



Figur 7. Målt relativ fugtighed i to boliger i blok 11 og to boliger i blok 12.



Figur 8. Målt gennemsnitlig udelufttilførsel i to boliger i blok 11 og to boliger i blok 12.

Sammenfattende er indeklimaet vurderet på temperatur, luftfugtighed og luftskifte helt tilfredsstillende for begge blokke, og såvel udsugningsventilation som balanceret ventilation med varmegenvinding og opfylder de krav, der må stilles til en god luftkvalitet. Variationen i værdierne skyldes formodentligt udelukkende beboerens adfærd, og individuelle ønsker til temperatur i boligen. Den relative luftfugtighed er højst 60%, men middelværdierne er betydeligt lavere og ligger på mellem 35% og 50%, hvilket er helt tilfredsstillende.

På de efterfølgende sider vises de detaljerede målinger over døgnet 24 timer i de 8 dage der blev målt. Den væsentligste forskel mellem de to blokke er at boligerne i blok 11 har nogle karakteristiske spidser i temperaturkurven, som formodentligt afspejler de tidspunkter, hvor der bliver lavet aftensmad. Den varme luft der suges ud af køkkenet varmeveksles med den friske luft der bliver blæst ind i stue og værelser og temperaturen stiger. I de boliger der har udsugningsventilation, er denne effekt ikke til stede.

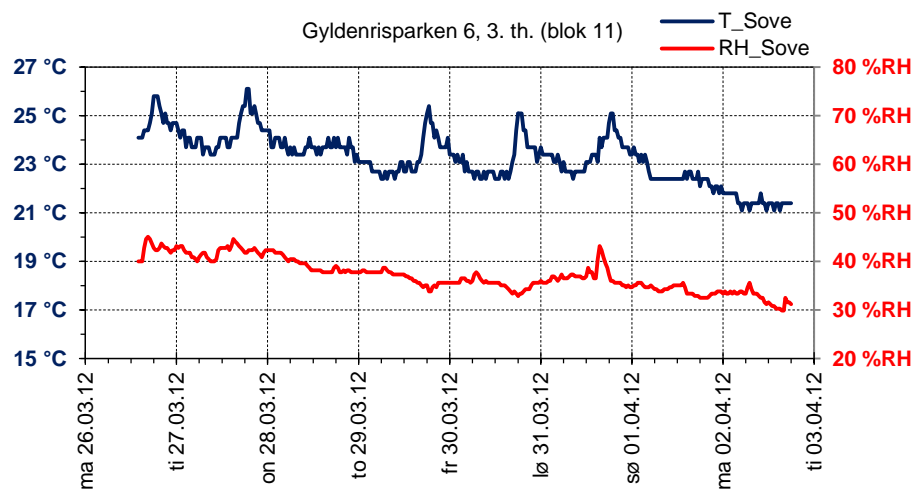
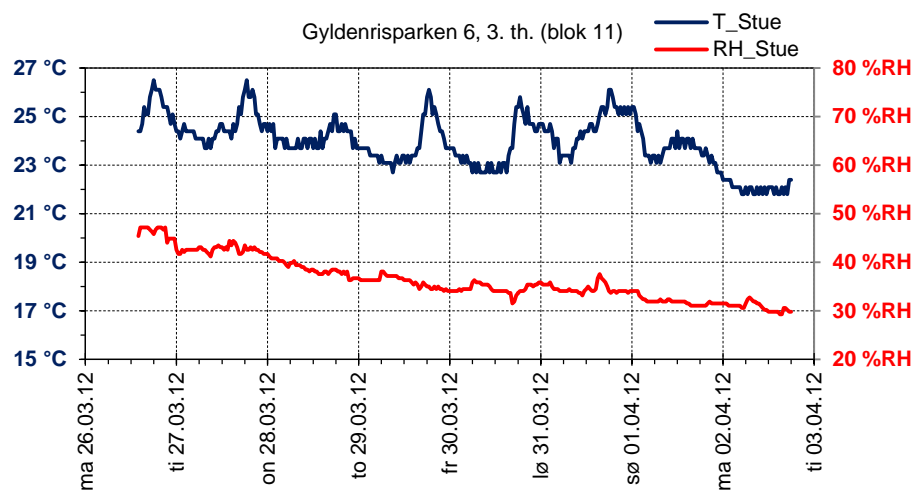
Derudover er det tydeligt at flere af boliger bliver soveværelset udluftet om morgenen, hvilket resulterer i at temperatur og luftfugtighed falder markant.

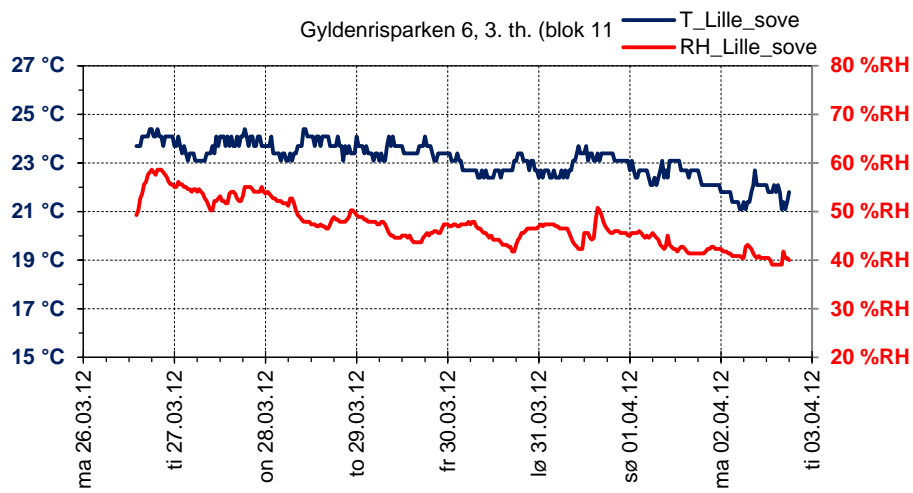
For begge blokke gælder det, at der kun suges i bad og køkken, og når dørene i entreen er lukket indtil stue og soveværelser, er luftskiftet relativt lille i stuen og værelserne. Dette stemmer også godt overens med besvarelsen af spørgeskemaerne, hvor nogen oplever dug på indersiden af vinduerne soveværelserne, som følge af høj luftfugtighed. Der kan opnås en bedre gennemstrømning ved at etablere ventiler i dørene eller ved at fjerne dørtærsklen, så luften kan passere under dørene. Ulempen er så at lyden også får en nemmere passage.

Detaljerede målingerne fra fire boliger

Gyldenrisparken 6, 3. th.

GRP 6, 3.th.	Stue		Sove		Lille sove		Lejligheden
	Rel. fugt. [%RH]	Temp. [°C]	Rel. fugt. [%RH]	Temp. [°C]	Rel. fugt. [%RH]	Temp. [°C]	
Mindste værdi	29,3	21,8	29,9	21,1	39,1	21,1	
Gennemsnit	36,4	23,9	37,2	23,3	47,2	23,1	0,31
Største værdi	47,2	26,5	45,1	26,1	58,6	24,4	





PFT-measurement

Building : Gyldenrisparken 6, 3.th. (Blok 11) Date: 18.04.2012
 Project : 731-xxx Enclosure: 1
 Measurement Start: 26.03.12 at 13:10 | Duration: 173,4 hours
 Measurement End : 02.04.12 at 18:35 | Analysis: 03.04.2012

Results

Total infiltration rate: 146,8 m³/h (15,8) [11%]
 Total air change rate: 0,47 h⁻¹ (0,05)
 Outdoor air supply: 0,31 l/s pr. m² (Gross floor area: 130 m²)

Infiltration				Exfiltration			Total		
Zone	[m ³ /h]	SD	SD%	[m ³ /h]	SD	SD%	[m ³ /h]	SD	SD%
1	75,7	11,5	[15]	75,7	11,5	[15]	75,7	11,5	[15]
2	71,0	10,9	[15]	71,0	10,9	[15]	71,0	10,9	[15]
3									

Interzone				Interzone			
Zone	[m ³ /h]	SD	SD%	Zone	[m ³ /h]	SD	SD%
1 → 2	0,0	0,0	[22]	2 → 1	0,0	0,0	[22]
2 → 3				3 → 2			
1 → 3				3 → 1			

Analysis

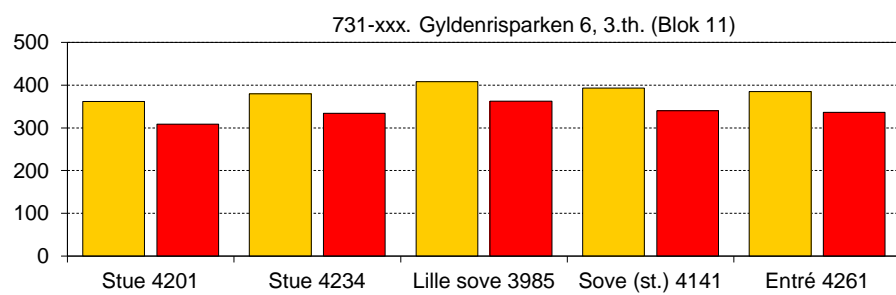
Zone		Average Zone Concentration [pl/l]			
		PMCP	SD%	PMCH	SD%
1	Hele lejl.	96,2	[4]	0,0	[0]
2	Hele lejl.	0,0	[0]	65,3	[6]
3	Not defined				

Zone		Zone and emitter data					
		Volume [m ³]	Type	Number	Ref. rate [nl/h]	Temp. [°C]	Est. rate [nl/h]
1	Hele lejl.	156,0	PMCP	3	7800	23,5	7288
2	Hele lejl.	156,0	PMCH	3	4965	23,5	4639
3	Not defined						

Rackfactor(s): PMCP: 0,386 Uncertainty GC: 10 % Uncertainty concentration matrix: 0,11
 PMCH: 0,282 Uncertainty mixing: 5 % Uncertainty air flow matrix: 0,14
 Uncertainty samplers: 2 % Condition number of conc. matrix: 1,00
 Uncertainty emitters: 10 %

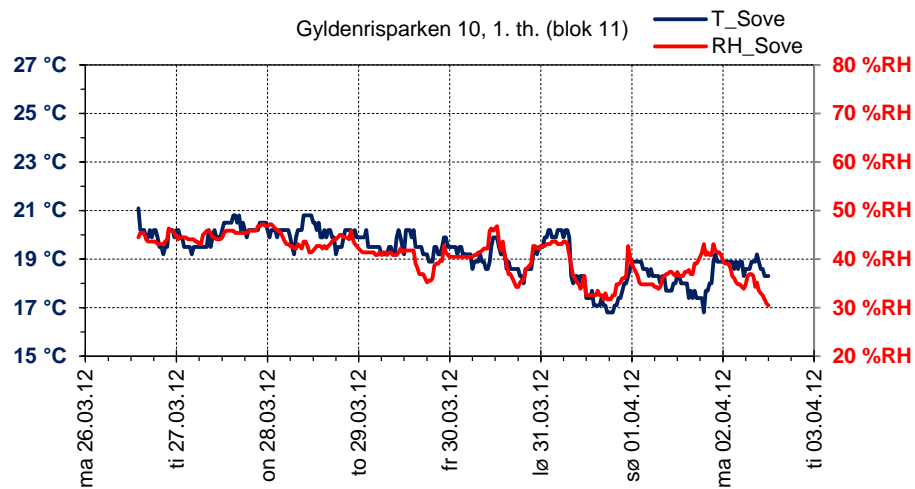
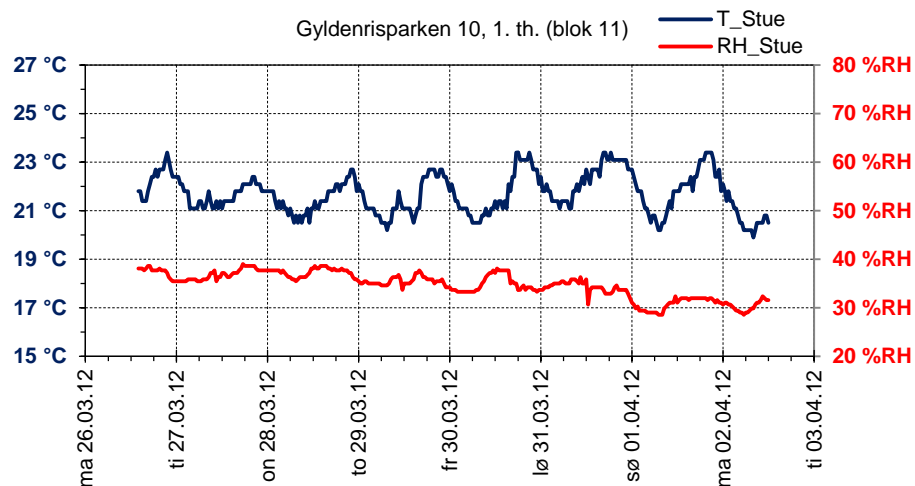
Samplers

Measured Volume [pl]									
Zone 1			Zone 2			Zone 3		Excluded samplers	
Sampler	PMCP	PMCH	Sampler	PMCP	PMCH	Sampler		Sampler	PMCP PMCH PDCH
1	4201	361,6	0,0	4201	0,0	308,6			
2	4234	379,8	0,0	4234	0,0	333,8			
3	3985	408,2	0,0	3985	0,0	362,2			
4	4141	393,0	0,0	4141	0,0	340,3			
5	4261	385,2	0,0	4261	0,0	336,5			



Gyldenrisparken 10, 1. th.

GRP 10, 1. th.	Stue				Sove				Lejligheden
	Rel. fugt.	Temp.	Rel. fugt.	Temp.	Rel. fugt.	Temp.	Rel. fugt.	Temp.	Udelufttilf.
	[%RH]	[°C]	[%RH]	[°C]	[%RH]	[°C]	[%RH]	[°C]	[l/s pr. m²]
Mindste værdi	28,6	19,9			30,5	16,8			
Gennemsnit	34,8	21,7			40,6	19,2			0,48
Største værdi	39,0	23,4			47,2	21,1			



PFT-measurement

Building : Gyldenrisparken 10, 1.th. (Blok 11) Date: 18.04.2012
 Project : 731-xxx Enclosure: 2
 Measurement Start: 26.03.12 at 13:30 | Duration: 166,5 hours
 Measurement End : 02.04.12 at 12:00 | Analysis: 02.04.2012

Results

Total infiltration rate: 226,1 m³/h (24,8) [11%]
 Total air change rate: 0,72 h⁻¹ (0,08)
 Outdoor air supply: 0,48 l/s pr. m² (Gross floor area: 130 m²)

Infiltration				Exfiltration			Total		
Zone	[m ³ /h]	SD	SD%	[m ³ /h]	SD	SD%	[m ³ /h]	SD	SD%
1	115,7	17,5	[15]	115,7	17,5	[15]	115,7	17,5	[15]
2	110,5	17,5	[16]	110,5	17,5	[16]	110,5	17,5	[16]
3									

Interzone				Interzone			
Zone	[m ³ /h]	SD	SD%	Zone	[m ³ /h]	SD	SD%
1 → 2	0,0	0,0	[23]	2 → 1	0,0	0,0	[23]
2 → 3				3 → 2			
1 → 3				3 → 1			

Analysis

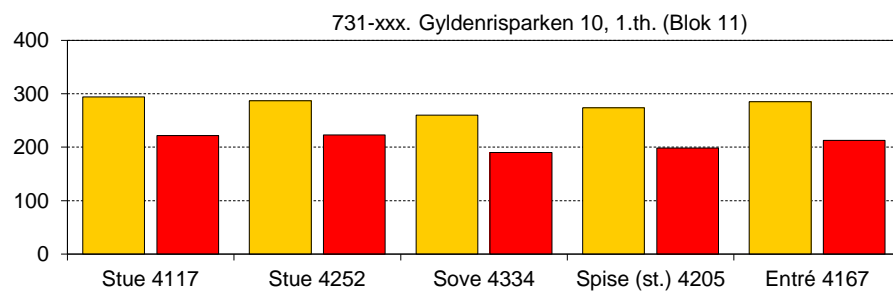
Zone		Average Zone Concentration [p/l]			
		PMCP	SD%	PMCH	SD%
1	Hele lejl.	54,9	[5]	0,0	[0]
2	Hele lejl.	0,0	[0]	36,6	[7]
3	Not defined				

Zone		Zone and emitter data					
		Volume [m ³]	Type	Number	Ref. rate [nl/h]	Temp. [°C]	Est. rate [nl/h]
1	Hele lejl.	156,0	PMCP	3	7800	20,5	6349
2	Hele lejl.	156,0	PMCH	3	4965	20,5	4041
3	Not defined						

Rackfactor(s): PMCP: 0,291 Uncertainty GC: 10 % Uncertainty concentration matrix: 0,12
 PMCH: 0,244 Uncertainty mixing: 5 % Uncertainty air flow matrix: 0,14
 Uncertainty samplers: 2 % Condition number of conc. matrix: 1,00
 Uncertainty emitters: 10 %

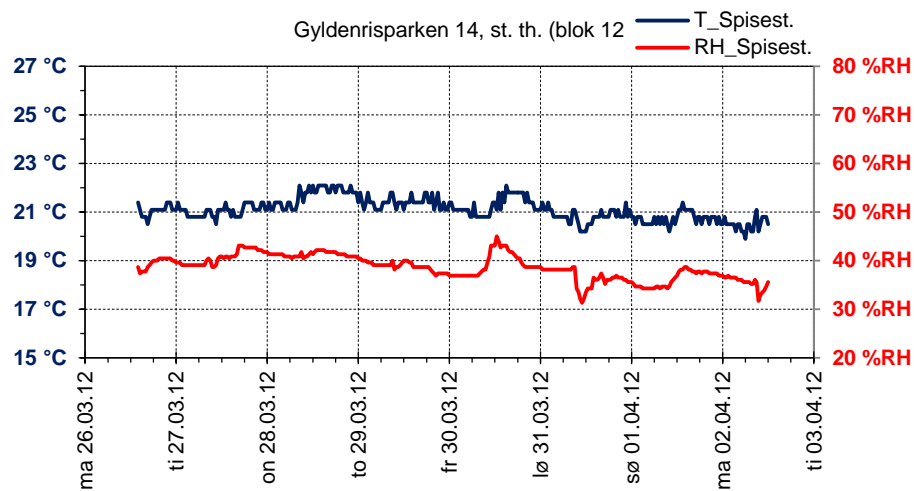
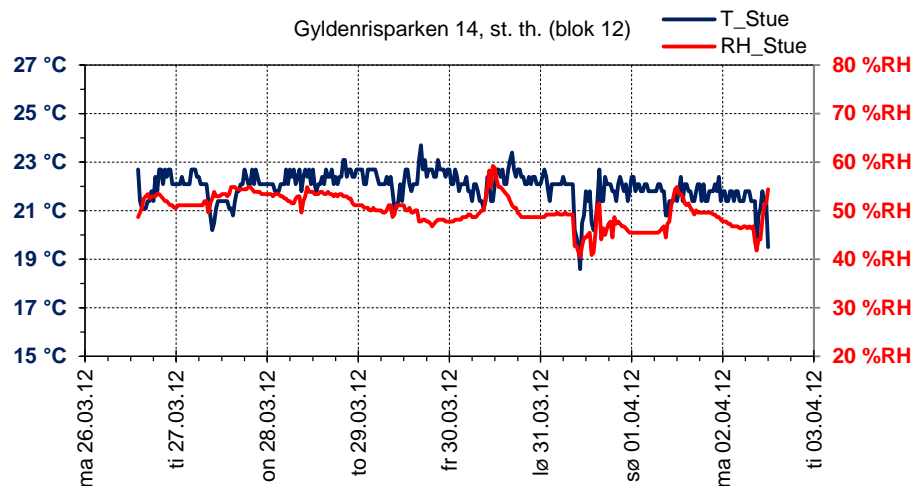
Samplers

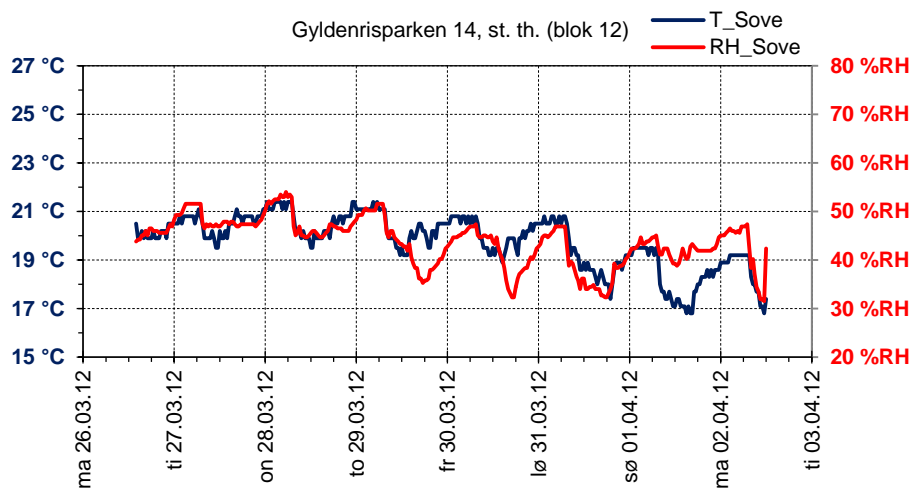
Measured Volume [pl]									
Zone 1			Zone 2			Zone 3		Excluded samplers	
Sampler	PMCP	PMCH	Sampler	PMCP	PMCH	Sampler		Sampler	PMCP PMCH PDCH
1	4117	294,0	0,0	4117	0,0	221,7			
2	4252	286,7	0,0	4252	0,0	222,7			
3	4334	260,4	0,0	4334	0,0	190,2			
4	4205	273,8	0,0	4205	0,0	198,2			
5	4167	285,4	0,0	4167	0,0	212,7			



Gyldenrisparken 14, st. th.

GRP 14, st. th.	Stue		Spisest.		Sove		Lejligheden
	Rel. fugt. [%RH]	Temp. [°C]	Rel. fugt. [%RH]	Temp. [°C]	Rel. fugt. [%RH]	Temp. [°C]	
Mindste værdi	40,5	18,6	31,3	19,9	31,5	16,8	
Gennemsnit	50,1	22,0	38,6	21,1	43,9	19,8	0,47
Største værdi	59,2	23,7	45,0	22,1	54,0	21,4	





PFT-measurement

Building : Gyldenrisparken 14, st.th. (Blok 12) Date: 18.04.2012
 Project : 731-xxx Enclosure: 3
 Measurement Start: 26.03.12 at 14:10 | Duration: 169,1 hours
 Measurement End : 02.04.12 at 15:15 | Analysis: 02.04.2012

Results

Total infiltration rate: 219,5 m³/h (27,5) [13%]
 Total air change rate: 0,70 h⁻¹ (0,09)
 Outdoor air supply: 0,47 l/s pr. m² (Gross floor area: 130 m²)

Infiltration				Exfiltration			Total		
Zone	[m ³ /h]	SD	SD%	[m ³ /h]	SD	SD%	[m ³ /h]	SD	SD%
1	111,8	18,5	[17]	111,8	18,5	[17]	111,8	18,5	[17]
2	107,8	20,3	[19]	107,8	20,3	[19]	107,8	20,3	[19]
3									

Interzone				Interzone			
Zone	[m ³ /h]	SD	SD%	Zone	[m ³ /h]	SD	SD%
1 → 2	0,0	0,0	[26]	2 → 1	0,0	0,0	[26]
2 → 3				3 → 2			
1 → 3				3 → 1			

Analysis

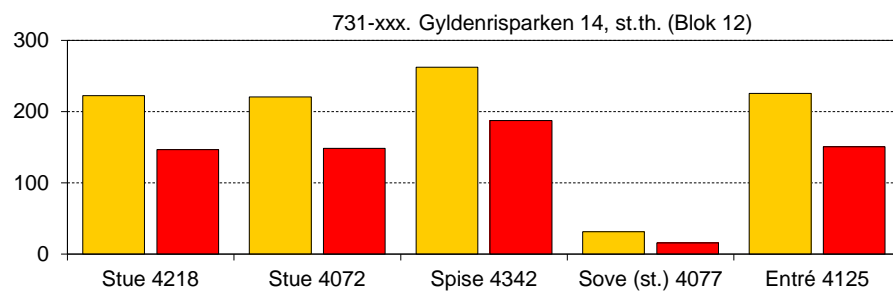
Zone		Average Zone Concentration [pI/l]			
		PMCP	SD%	PMCH	SD%
1	Hele lejl.	38,8	[8]	0,0	[0]
2	Hele lejl.	0,0	[0]	25,6	[12]
3	Not defined				

Zone		Zone and emitter data					
		Volume [m ³]	Type	Number	Ref. rate [nl/h]	Temp. [°C]	Est. rate [nl/h]
1	Hele lejl.	156,0	PMCP	2	5200	21,0	4332
2	Hele lejl.	156,0	PMCH	2	3310	21,0	2758
3	Not defined						

Rackfactor(s): PMCP: 0,251 Uncertainty GC: 10 % Uncertainty concentration matrix: 0,14
 PMCH: 0,229 Uncertainty mixing: 5 % Uncertainty air flow matrix: 0,16
 Uncertainty samplers: 2 % Condition number of conc. matrix: 1,00
 Uncertainty emitters: 10 %

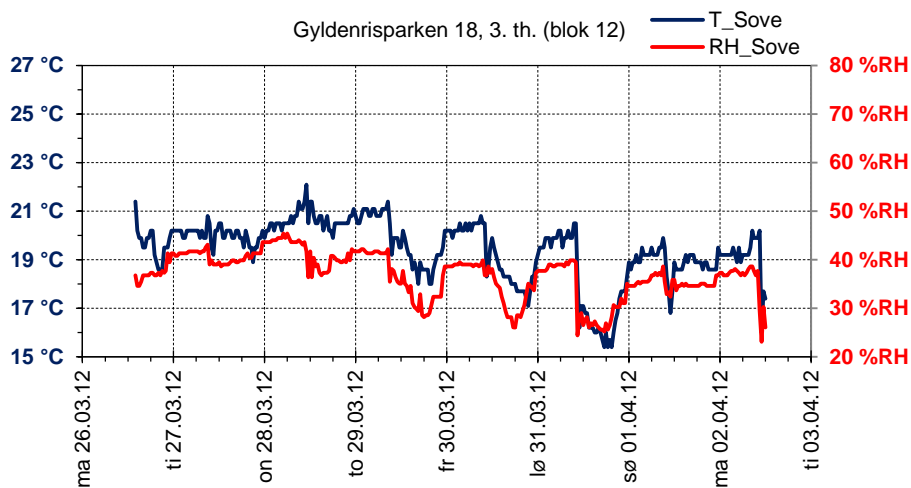
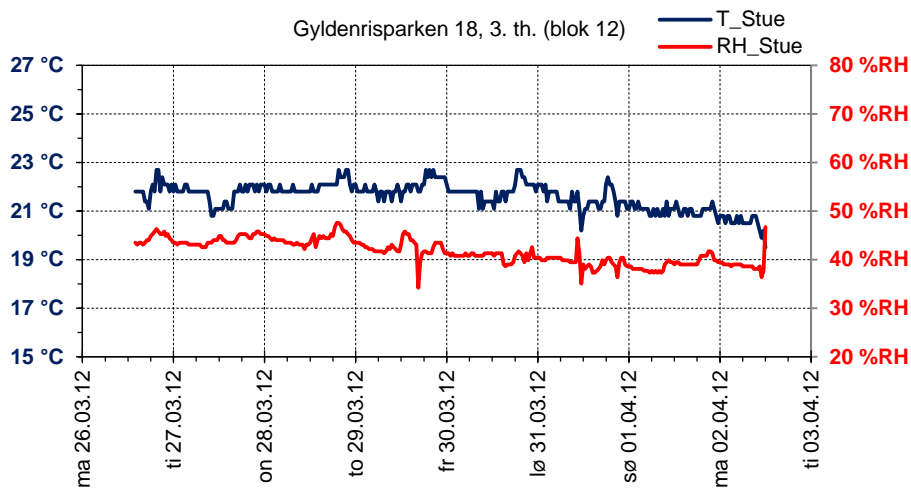
Samplers

Measured Volume [pl]									
Zone 1			Zone 2			Zone 3		Excluded samplers	
Sampler	PMCP	PMCH	Sampler	PMCP	PMCH	Sampler		Sampler	PMCP PMCH PDCH
1	4218	222,5	0,0	4218	0,0	146,7		4077	31,3 0,0 0,0
2	4072	220,7	0,0	4072	0,0	148,5		4077	0,0 15,7 0,0
3	4342	262,1	0,0	4342	0,0	187,3			
4	4125	225,8	0,0	4125	0,0	150,5			



Gyldenrisparken 18, 3. th.

GRP 18, 3. th.	Stue				Sove				Lejligheden
	Rel. fugt. [%RH]	Temp. [°C]	Rel. fugt. [%RH]	Temp. [°C]	Rel. fugt. [%RH]	Temp. [°C]	Rel. fugt. [%RH]	Temp. [°C]	Udelufttilf. [l/s pr. m ²]
Mindste værdi	34,2	19,5			23,1	15,4			
Gennemsnit	41,7	21,6			36,9	19,4			0,36
Største værdi	47,6	22,7			45,4	22,1			



PFT-measurement

Building : Gyldenrisparken 18, 3.th. (Blok 12) Date: 18.04.2012
 Project : 731-xxx Enclosure: 4
 Measurement Start: 26.03.12 at 13:45 | Duration: 166,7 hours Analysis: 02.04.2012
 Measurement End : 02.04.12 at 12:25

Results

Total infiltration rate: 166,7 m³/h (38,7) [23%]
 Total air change rate: 0,53 h⁻¹ (0,12)
 Outdoor air supply: 0,36 l/s pr. m² (Gross floor area: 130 m²)

Infiltration				Exfiltration				Total			
Zone	[m ³ /h]	SD	SD%	[m ³ /h]	SD	SD%		[m ³ /h]	SD	SD%	
1	85,4	25,2	[30]	85,4	25,2	[30]		85,4	25,2	[30]	
2	81,2	29,4	[36]	81,2	29,4	[36]		81,2	29,4	[36]	
3											

Interzone				Interzone			
Zone	[m ³ /h]	SD	SD%	Zone	[m ³ /h]	SD	SD%
1 → 2	0,0	0,0	[47]	2 → 1	0,0	0,0	[47]
2 → 3				3 → 2			
1 → 3				3 → 1			

Analysis

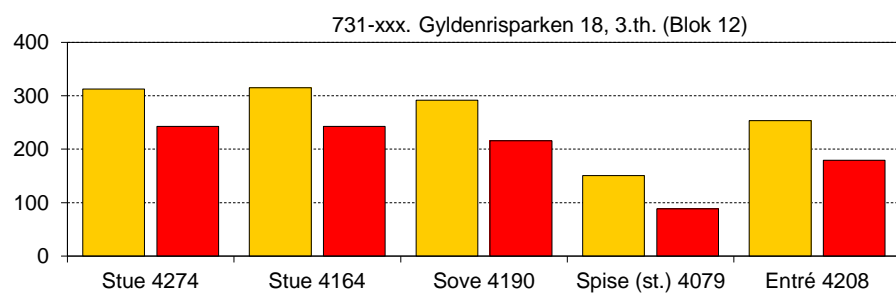
Zone		Average Zone Concentration [pI/l]			
		PMCP	SD%	PMCH	SD%
1	Hele lejl.	49,5	[26]	0,0	[0]
2	Hele lejl.	0,0	[0]	33,2	[33]
3	Not defined				

Zone		Zone and emitter data					
		Volume [m ³]	Type	Number	Ref. rate [nl/h]	Temp. [°C]	Est. rate [nl/h]
1	Hele lejl.	156,0	PMCP	2	5200	20,5	4233
2	Hele lejl.	156,0	PMCH	2	3310	20,5	2694
3	Not defined						

Rackfactor(s): PMCP: 0,278 Uncertainty GC: 10 % Uncertainty concentration matrix: 0,30
 PMCH: 0,239 Uncertainty mixing: 5 % Uncertainty air flow matrix: 0,29
 Uncertainty samplers: 2 % Condition number of conc. matrix: 1,00
 Uncertainty emitters: 10 %

Samplers

Measured Volume [pl]									
Zone 1			Zone 2			Zone 3		Excluded samplers	
Sampler	PMCP	PMCH	Sampler	PMCP	PMCH	Sampler		Sampler	PMCP PMCH PDCH
1	4274	312,9	0,0	4274	0,0	242,8			
2	4164	315,3	0,0	4164	0,0	242,5			
3	4190	291,8	0,0	4190	0,0	215,5			
4	4079	150,7	0,0	4079	0,0	88,3			
5	4208	253,6	0,0	4208	0,0	179,3			



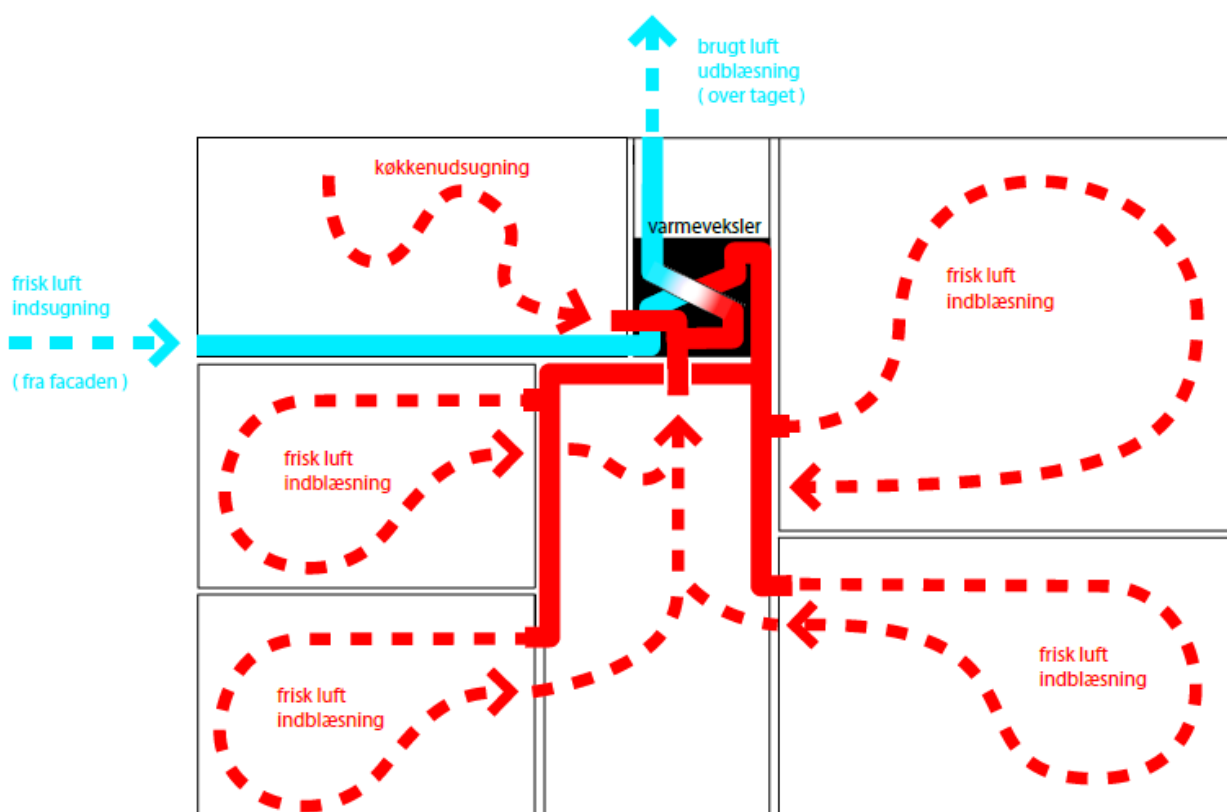
Energiforbrug

Målinger af energiforbruget i blok 11 og 12 er baseret på varmeregnskabet og de fordampningsmålere der er placeret på radiatorerne. Det er det eneste tilgængelige materiale, da der kun eksisterer en varmecentral i bebyggelsen, som distribuerer fjernvarme til samtlige blokke. Da blokkene med familieboliger er helt ens giver et varmefordelingsregnskab baseres på fordampningsmålere et udmærket billede af de forskellige boligers energiforbrug. Det forudsættes, at beboerne har samme gennemsnitstemperatur i deres lejligheder, hvilket formodentligt er meget sandsynligt, da hver blok består af 32 boliger i samme størrelse.

På grundlag af varmeregnskabet har blok 11, der er forsynet med ventilation med varmegenvinding, et 21 pct. lavere energiforbrug end blok 12, der udelukkende har udsugningsventilation.

Økonomisk er det en besparelse på 69.403,- kr. i 2011, hvilket er knap 2.200 kr. pr. bolig. Dertil kommer et lille fradrag på ventilationsanlæggets elforbrug. Hvis anlægget har et forbrug på 35 watt pr. bolig, er det årlige forbrug ca. 300 KWh eller ca. 600-700 kr.

Potentialet for energibesparelser er imidlertid betydeligt større, hvis udluftning og permanent åbne vinduer begrænses om vinteren.



Principskitse for ventilationsanlæggene i blok 11.

3. Vinduesintegreret ventilation

Firmaet Ecovent har i Markedsmodningsfond-projektet PV Ventilation fået afprøvet en ny type decentral loftmonteret ventilationsenhed med varmegenvinding med godt resultat i forbindelse med energirenovering af en række boligbyggerier, og der er indgået en aftale med den største danske ventilationsleverandør Øland om at stå for salget af denne løsning, som er dokumenteret til at have høj effektivitet og et meget begrænset elforbrug. Det er den løsning, der også er anvendt i forbindelse med Gyldenrisparken, og her for første gang i en etageejendom.

Samtidig er der over en længere årrække gennemført et udviklingsarbejde med rumbaserede ventilationsløsninger, hvor grundideen til eksisterende ejendomme var at udskifte radiatorer under vinduerne med en ventilationsenhed, der fylder det samme, men både kan sikre opvarmning og balanceret ventilation med varmegenvinding og i den forbindelse udnytte vinduet til friskluftindtag og afkast af brugt luft. I forbindelse med realisering af en prototypeløsning i praksis i en etageboligejendom blev det klart, at hvor det eksisterende ventilationsmarked er meget traditionelt, er der med den nye tilgang en helt ny måde at løse tingene på, som har en masse fordele og virker som en intuitiv rigtig løsning, som folk kan forstå. Man behøver ikke normale kanalføringer i forbindelse med installation af enhederne, som kombineres med en almindelig vinduesudskiftning, hvor bundstykket har integreret friskluftindtag og afkast. Der er ingen nævneværdig støj, og varmefunktionen sikrer en rigtig god komfort i praksis, og da man stadigvæk har fugtstyret udsugningsventilation fra baderum, kan der sikres en rigtig fin korrespondance med de balancerede, rumbaserede enheder, som stopper udsugningen, når der udsuges i badeværelset eller ved en emhætte i køkkenet.

Projektideen blev udviklet i EU-Concerto projektet Green Solar Cities og videreudvikling er bl.a. sket i Nordic Built regi.

Et meget konkurrencedygtigt prisniveau støtter markedsmulighederne for den nye type servicevenlige og brystnings-/vinduesintegrerede ventilationsanlæg med varmegenvinding. For eksisterende ventilationsløsninger er den dominerende løsning stadigvæk centrale ventilationsanlæg. Her har en nylig dokumentation i forbindelse med energirenovering af 288 lejligheder i Valby påvist et endog meget højt elforbrug på 1.100 kWh om året pr. lejlighed samtidig med en høj installeret udgift på tæt ved 60.000 kr. pr. lejlighed.

Til sammenligning bruger decentrale ventilationsanlæg, testet i Markedsmodningsfond projektet PV Ventilation, kun omkring 200-300 kWh el om året pr. lejlighed. Og den samlede installationsudgift er noget billigere med 40-50.000 kr. pr. lejlighed, og med den seneste udvikling af den automatiske såkaldte "Infilter" filterboks til i dag ca. 2.500 kr. pr. bolig, kan man i princippet her nøjes med servicering hvert 10. år. (Se bilag om Infilter boxen)

Og som en helt ny og meget lovende ting vil den rumbaserede decentrale ventilationsenhed kunne fås med en "radiator" funktion. En indledende prototype-afprøvning er gennemført i EU-Concerto projektet Green Solar Cities med Boligselskabet AKB/KAB i forbindelse med en prøvelejlighed i Sydhavnen i København. Afprøvningen var en stor succes med en meget tilfreds bruger, som fik installeret 2 rumbaserede ventilationsenheder i sin lejlighed i 2013, og hvor målinger i forbindelse med et Ph.d. projekt tilknyttet SBI / AAU ser fine ud, bl.a. med et samlet årligt elforbrug i størrelsesordenen 100 kWh.

Der er tale om et alternativ til traditionelle ventilationsløsninger, og det vil nok ikke være et særligt ventilationsfirma, som vil stå for installationerne, men det vil snarere være tømreren, der vil indbygge ventilationsløsningen i forbindelse med, at der skiftes eller installeres vinduer.

Alene dette vil have en betydelig effekt mht. billiggørelse, da enhederne kan driftindstilles på forhånd og blot skal forbindes med el via en stikkontakt eller lign., og man kan i den forbindelse også lave forhandling igennem byggemarkeder og lign. Og det er ikke kun hos producentvirksomhederne, der ligger gode forretningsmuligheder.

Fordelene er klare, især når det drejer sig om renovering af ældre ejendomme, hvor ventilationskanaler normalt er svære at indpasse, og til nybyggeri, hvor muligheden for nem bygningsindpasning giver klare fordele. Når dette samtidigt kan kombineres med et nyt og attraktivt koncept indenfor filterteknologi, hvor udskiftning af filtre kan begrænses til hvert 10. år, er der samlet set basis for en helt ny teknologi indenfor ventilationsområdet, som giver nogle imponerende friheder for indpasning af denne. Filtermediet, som fremføres automatisk, bevirker, at plastrammer og stålrammer på traditionelle filtre undgås.

Til sammenligning findes der allerede på markedet små ventilationsenheder med varmegenvinding, f.eks. ved en lille boks der kan placeres i væg eller ved vindue, hvor indbyggede meget små "computer" udviklede aksialventilatorer kan trække luft ind og ud gennem et materiale med varmelagringssegenskaber, f.eks. i form af en række små stålblader. Disse små ventilationsenheder udmærker sig også ved en ganske god effektivitet og et lavt elforbrug, men det er typisk, at de nemt giver anledning til "støj", og hvis de ikke skal støje, kan de kun klare en meget beskeden luftmængde, og enhederne indeholder ikke filtrering af luften. Desuden er levetiden ret begrænset pga. den anvendte teknologi med "computer" baserede ventilatorer, som passer fint med den samlede driftstid for en computer, men ikke så godt med anvendelse i byggeri.

Her er den klare styrke ved den udviklede teknologi, at den både fuldstændigt kan undgå støj samtidig med, at der kan leveres meget betydelige luftmængder.

Der er søgt patent på den udviklede filterteknologi, og for en række tekniske detaljer omkring den vindu-integrerede varmegenvinding med varmefunktion er der også indleveret et patentandragende. Testresultater har vist, at produktet kan opfylde BR 2020 kravene.

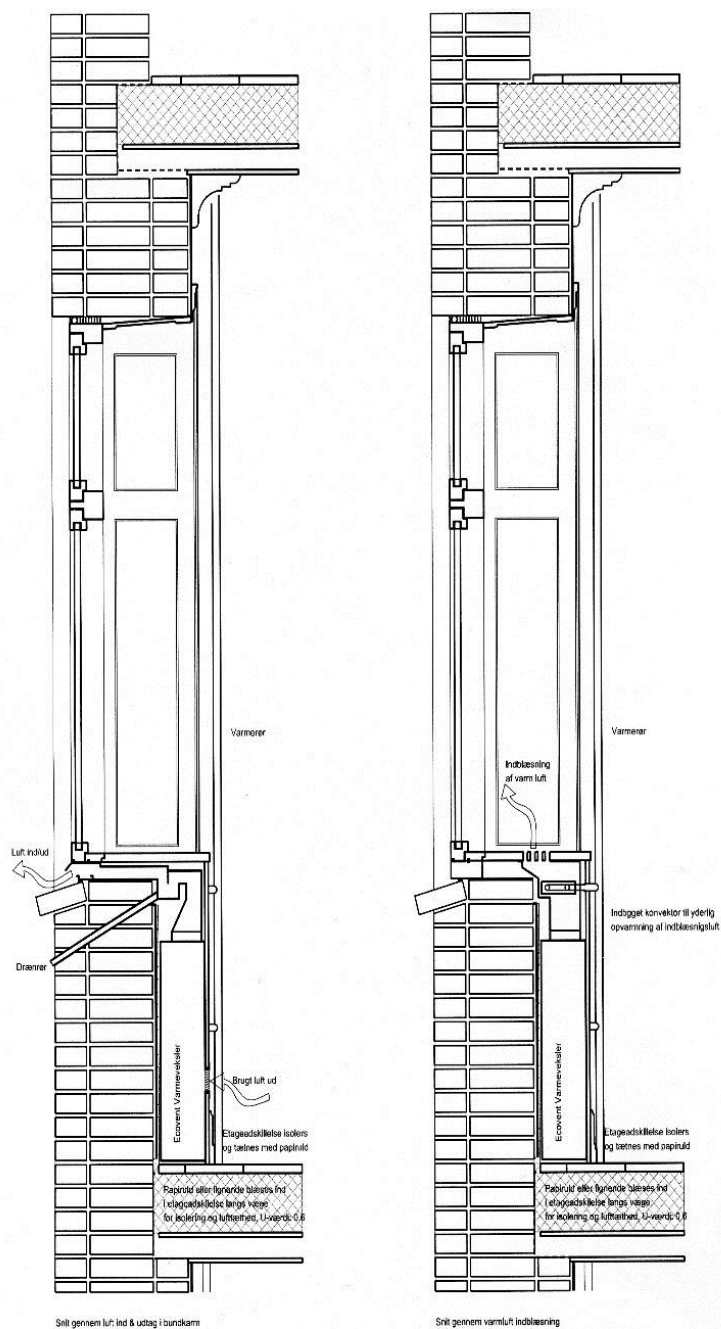
Nye bygningsindpassede rumbaserede ventilationsenheder med varmegenvinding



Enfamiliehus i Valby før renovering



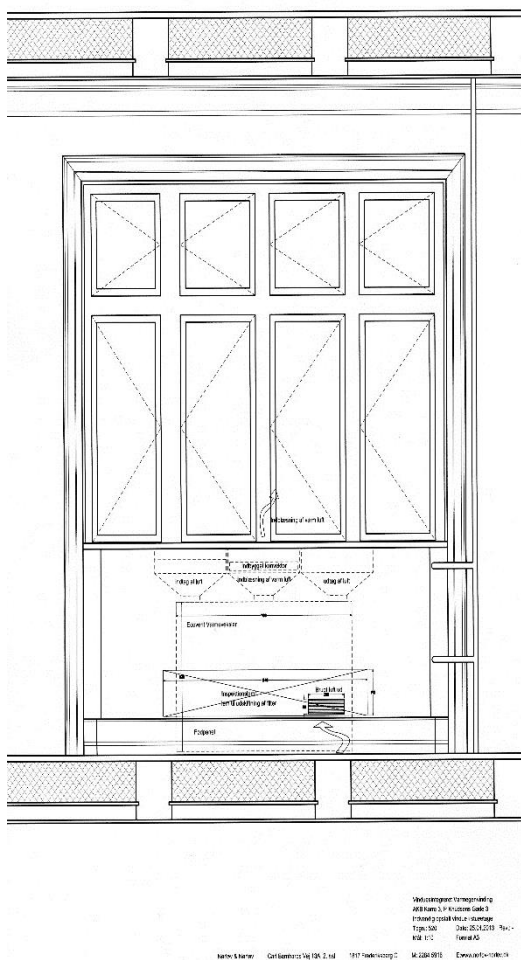
Enfamiliehus i Valby med ny præfabrikeret tagetage



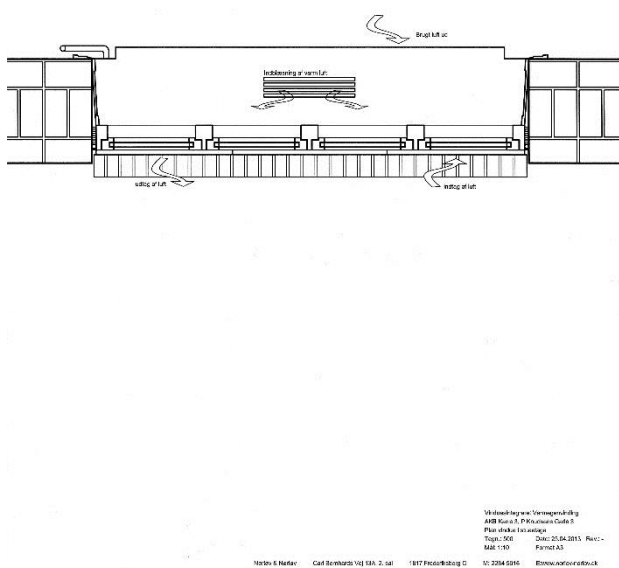
Vinduesintegreret Varmegenvindning
 AKB Karm 3, P Knudsens Gade 3
 Snit vindue i bløddage
 Tegnet: 510 Dato: 25.04.2013 Rev.: -
 Mål: 1:10 Format: A3

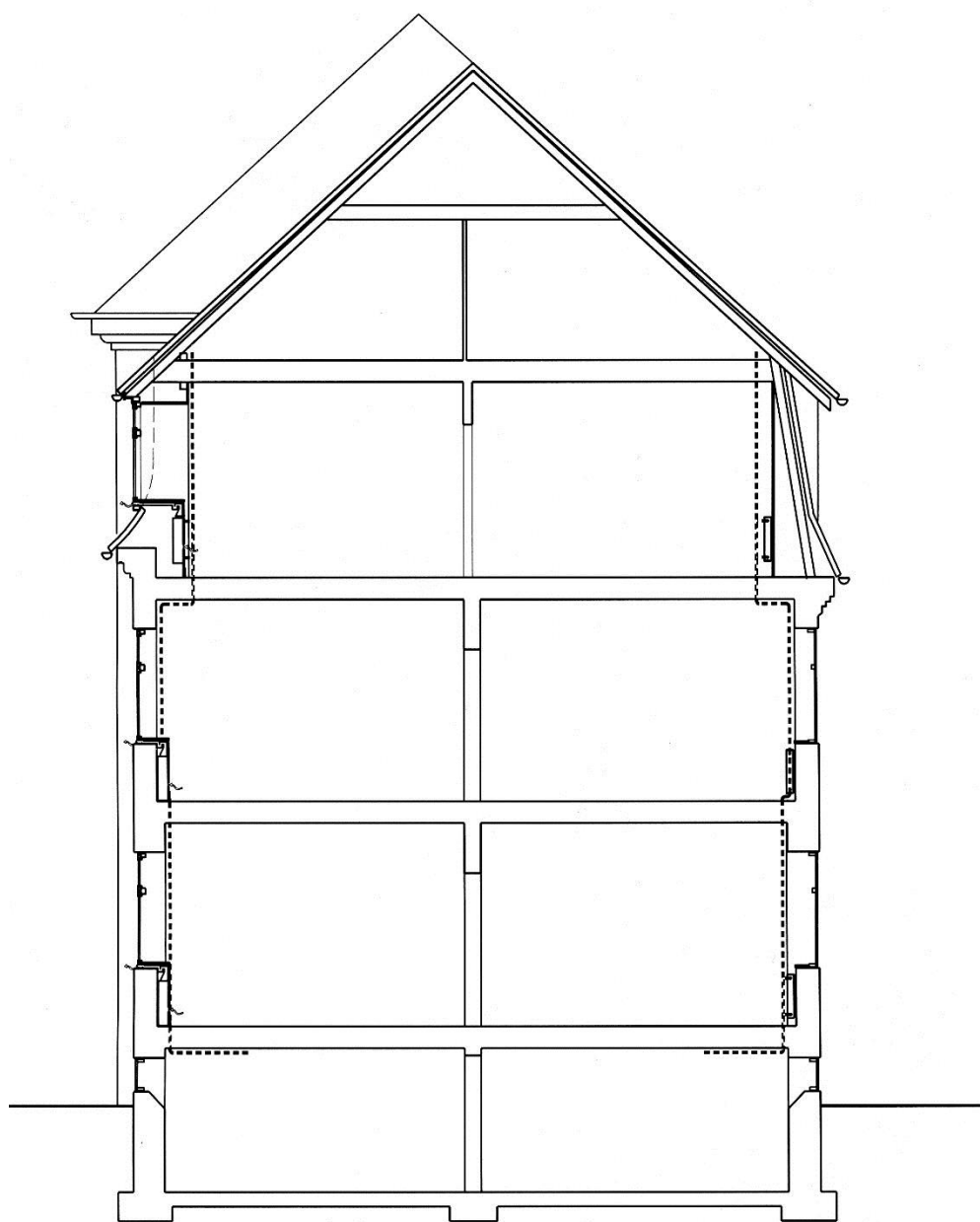
Norlev & Norlev Carl Bernhards Vej 13A, 2. sal 1817 Frederiksberg C M: 2284 5516 E: www.norlev-norlev.dk

Snit I forbindelse med testlejlighed med vinduesintegreret ventilation med varmegenvinding.



Tegninger der illustrerer, hvordan vinduesintegreret ventilation med varmegenvinding kan udføres i praksis.

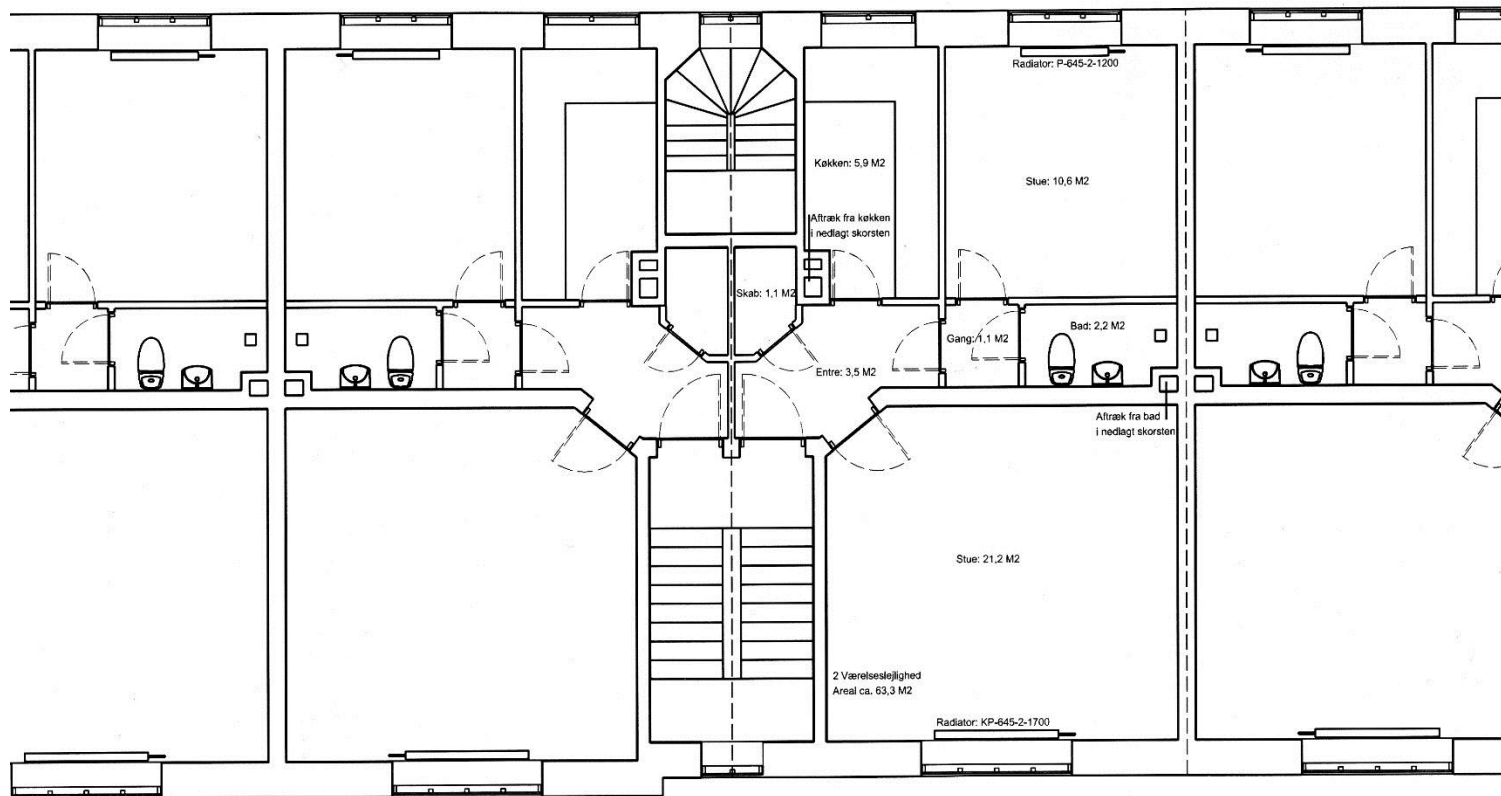




Vinduesintegreret Varmegenvinding
 AKB Karre 3, P. Knudsens Gade 3
 Snit, fremtidigt forhold
 Tegn.: 120
 Målt 1:50
 Dato: 25.04.2013
 Rev.: -
 Format A3

Norlev & Norlev Carl Bernhards Vej 13A, 2. sal 1817 Frederiksberg C M: 2284 5916 E: www.norlev-norlev.dk

Eksisterende radiatorer kan erstattes af vinduesintegreret ventilation med varmegenvinding og kombineres med eksisterende rørsystem til opvarmning.



Vinduesintegreret Varmegenvinding
 AKB Karre 3, P Knudsens Gade 3
 Plan stue, eksisterende forhold
 Tegn.: 010 Dato: 25.04.2013 Rev.: -
 Mål: 1:50 Format: A3

Narlov & Narlov Carl Bernhards Vej 13A, 2. sal 1817 Frederiksberg C M: 2284 5916 E: www.norlov-norlov.dk

Til en 2-værelses lejlighed er det passende med to stk. vinduesintegrerede ventilationsenheder med varmegenvinding.

Resultater med vinduesintegreret ventilation med varmegenvinding

Nedenfor er vist illustrationer fra det første forsøg med brug af vinduesintegreret ventilation med varmegenvinding, gennemført i en 1-værelses lejlighed i AKB AB's Karré 3 på P. Knudsens Gade i Sydhavnen i København.



Vinduesintegreret ventilationsenhed med varmegenvinding med indbygget varmefunktion



I testlejlighed er løsningen kombineret med en mindre normal radiator af hensyn til varmeafregning

Forsøg med vinduesintegreret ventilation med varmegenvinding er gennemført i relation til EU-Concerto projektet Green Solar Cities (www.greensolarcities.com).

Varmegenvinderenheden er udført med en varmefunktion, som sikrer indblæsning af opvarmet luft enten ved rumtemperatur eller højere end denne.



Det nye vindue til testlejligheden blev udført med et ændret bundstykke med indbyggede friskluftindtag og brugt luftafkast svarende til en kanaldimension på $\varnothing 140$



Den normale udsugningsventilation fra badeværelset styres af et ekstra fugtstyret spjæld, som også kan overstyres i 5–10 min. ved tryk på en betjeningsknap

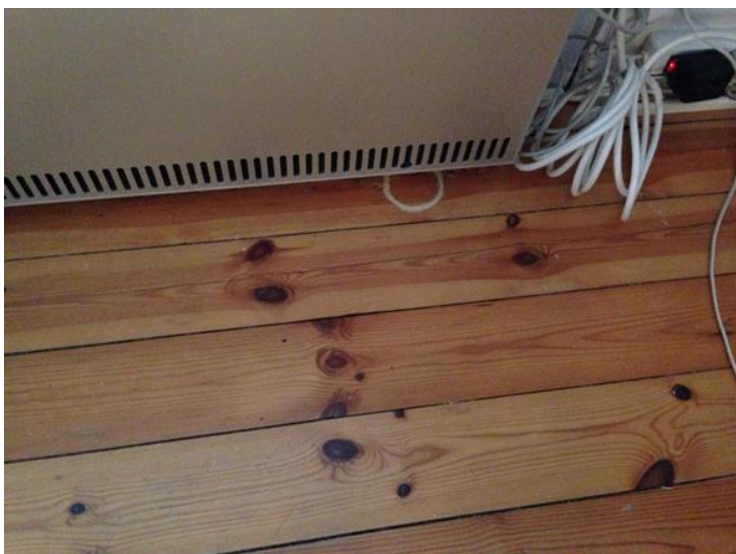


Foto af den prisbillige kompakte varmegenvindingsenhed og indpasset konvektor, der kan give varme til indblæsningsluften til køkkenet. Samtidigt sideafkast uden varmefunktion til soveværelset ved siden af køkkenet.

Når der anvendes to varmegenvinderenheder, vil hver af disse tilføre 50–60 m³ i timen af frisk 90 pct. forvarmet luft.

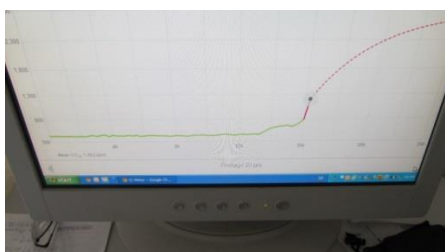


Emhætten i køkkenet blev som en simpel løsning udskiftet til en recirkuleringsemhætte med kulfilter

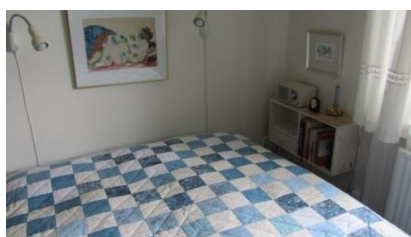


I gulv lige under genvinderenhed ses et rundt hul, som angiver et af de steder, hvor der er boret hul i gulv ved facaden for indblæsning af papiruld i træbjælkelaget for at sikre en god tæthed af lejligheden. Efter indblæsning er hullet forsynet med en prop af træ.

Når der indføres balanceret ventilation med varmegenvinding i en ældre ejendom, er det afgørende samtidig at sikre en god lufttæthed af lejligheden. Hovedproblemet er normalt luftlækage gennem gulvet og til det fri via det gamle træbjælkedæk. I testlejligheden blev indblæst ubehandlet papiruld i gulvet tæt på facaden.



Lejligheden blev udført med overvågningssystem af komfort parametre, bl.a. CO₂ af IC-meter. På kurven ses kraftig stigning ved besøg af større delegation.



Ekstra frisk lufttilførsel til soveværelse fra varmegenvinderventilationsenhed i køkken.



Ventilationsenhed i køkkenet



Ventilationsenhed i stuen noget tid efter udførelsen

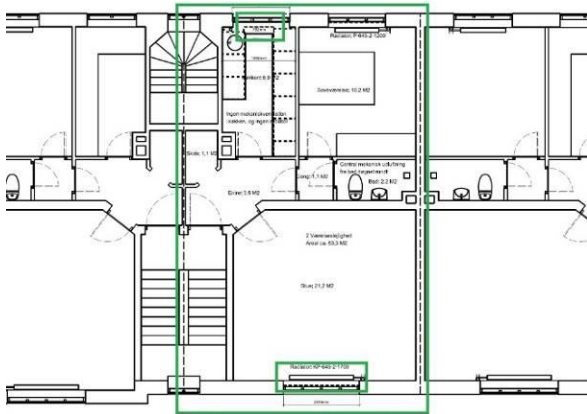
Den udførte installation i Sydhavnen blev udført til stor tilfredshed for lejlighedens beboer, også fordi anlægget næsten ikke kunne høres og muliggjorde, at man kunne undgå at udlufte til en trafikeret gade. Og samtidig opleves en meget bedre komfort og bedre temperaturfordeling i rummet. Hver af de 2 enheder bruger kun 5–6 W hver, så elforbruget er meget lavt.

Den samme teknologi skal nu afprøves i et skoleklasserum i Grøndalsvænge Skole i Kbh. NV. Her anvendes 3 genvindereenheder, der hver kan give 200–250 m³ luft i timen.

Også det anvendte overvågningssystem fra IC-meter, der måler CO₂, fugt, temperatur og støj, gav interessante og brugbare resultater. Der forberedes nu en fuldskala test i en hel boligejendom, hvor karré 14 i samme område er en mulighed.

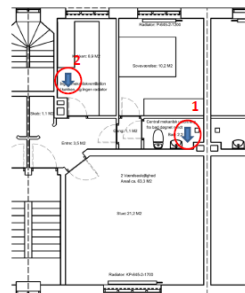
Måleresultater

Der er som nævnt installeret to enheder af vinduesmodellen i en 2-værelses lejlighed i Karre 3 i Sydhavnen. En i køkkenet og en i stuen. Enheden i stuen er placeret under vinduet. Ekstra pladsen er her fået ved at erstatte den gamle radiator med en nyere mere effektiv model.



Ventilationsstrategien/ Luftskiftet

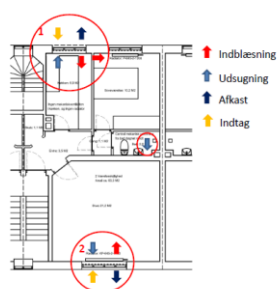
Før



Der er etableret mekanisk udsugning fra emhætte i køkkenet samt ventil i badeværelset.

I køkkenet går udsugning i gang, når emhætten tændes manuelt. Udsugningen fra badeværelset er konstant med en mindre luftmængde

Efter



Udsugningen i køkkenet fra emhætten lukkes og erstattes med en recirkuleringsemhætte.

Enheden der er installeret i køkkenet sørger for ventilering af værelset. Dette sker ved, at der indblæses luft via en ventil der udsuges via køkkenet samt udsuget på badeværelset.

De to enheder, der er installeret, kan ventilere efter tre niveauer svarende til

SP1 = 30 m³/h

SP2 = 45 m³/h

SP3 = 65 m³/h

Der er i måleperioden kun været anvendt programmet SP2, hvilket betyder, at luftskiftet har været 0,6 h⁻¹.

Indeklima

Temperatur

Bygningen er opført under et Bygningsreglement, hvor der er ikke har været krav til inde temperaturen. Men i forbindelse med indførelsen af lavenergiklasse 2015 er der i det danske bygningsreglement indført krav til, hvor mange timer inde temperaturen må være over henholdsvis 26 °C og 27 °C.

BR 7.2.1 Stk 13

”Det termiske indeklima på solrige dage skal dokumenteres gennem beregning for boliger, institutioner, kontorer mm. i lavenergiklasse 2015 og bygningsklasse 2020. Det termiske indeklima må ikke overskride 26 °C, bortset fra nogle få timer i forhold til normalåret. For andre bygninger end boliger fastlægger bygherren antallet af timer pr. år, hvor inde temperaturen på 26 °C ikke må overskrides. For boliger må 26 °C ikke overskrides med mere end 100 timer pr. år og 27 °C må ikke overskrides mere end 25 timer pr. år”.

Stuen		
	Temperature over 26 °C	Temperature over 27 °C
	[h]	[h]
Januar	0	0
Februar	0	0
Marts	4	0
April	26	2
Maj	98	28
Juni	111	6
Juli	583	515
August	354	294

Værelset		
	Temperature over 26 °C	Temperature over 27 °C
	[h]	[h]
Januar	0	0
Februar	0	0
Marts	0	0
April	0	0
Maj	4	0
Juni	3	0
Juli	512	404
August	311	242

Konklusion

Af den indsamlede måledata fremgår det, at der er en del timer i sommerperioden, hvor inde temperaturen overstiger de krav, der sættes til lavenergiklasse 2015 og 2020. Dette skyldes, at bygningen er opført under et andet bygningsreglement og at der i vores projekt ikke har været fokus på overophedning, men primært på trækgenererer fra kulde om vinteren, hvorfor der blandt andet er efterisoleret ved etagedækket.

Der er i enheden ikke installeret bypass funktion, hvilket betyder, at hvis enheden anvendes under varmere sommerdage kan betyde, at indblæsningsluften vil blive opvarmet en anelse. Det er dog ideen, at der i sommerperioder slukkes ned for system og ventileres via vinduer, der åbnes manuelt. Derudover er der hverken en tradition eller en opfordring fra staten, om at der indføres køling i boliger, hvilket også ses reflekteret i udarbejdelsen af enheden. I måledata for CO2 niveaet indikerer de indsamlede tal også at beboeren enten har benyttet sig af muligheden for at åbne vinduerne eller ikke været hjemme.

CO2

Der er ingen krav til CO2 niveauet i det danske bygningsreglement for boliger, for institutioner er der angivet en maks. værdi på 1000 PPM. I DS 3033 (den frivillige klassificering af indeklimaets kvalitet) er angivet, hvor højt CO2 niveaet må blive for at overholde en vis indeklimaklasse.

DS 3033	
Frivillig klassificering af indeklimaets kvalitet	
	[ppm]
A++:	800
A+:	900
A:	1000
B:	1500
C:	< 1500

Stuen			
	CO2 over 800 PPM	CO2 over 900 PPM	CO2 over 1000 PPM
	[h]	[h]	[h]
Januar	46	40	34
Februar	27	12	3
Marts	39	21	13
April	60	25	14
Maj	12	11	6
Juni	2	1	1
Juli	0	0	0
August	0	0	0

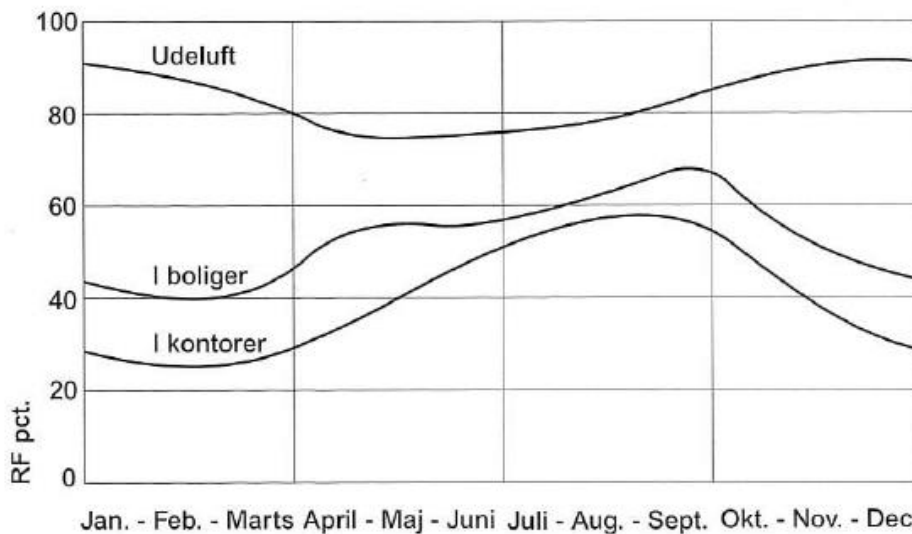
Værelset			
	CO2 over 800 PPM	CO2 over 900 PPM	CO2 over 1000 PPM
	[h]	[h]	[h]
Januar	40	36	27
Februar	28	18	14
Marts	39	20	14
April	38	20	12
Maj	11	4	1
Juni	3	3	2
Juli	0	0	0
August	0	0	0

Konklusion

Der er i måleperioden kun kørt med ventilationsprogrammet SP2 = 45 m³/h af den indsamlede data fremgår det, at dette ikke har været nok til at holde CO2 niveauet konstant under 800 PPM. Men samlet set har det for alle måneder har CO2 niveauet været under 800 PPM i over 92% af tiden.

Den relative luftfugtighed

Den gennemsnitlig relative luftfugtighed vil igennem året sving. Der er i det indsamlet måledata lavet en vurdering af hvori der er lagt en margen på +/- 10%.



Figur 58. Forløbet af relativ luftfugtighed i en karakteristisk bolig og i et karakteristisk kontor. Begge tilfælde uden anden tilførsel af fugt end fugt fra daglig brug. På grund af forskelle i brugsvaner i boliger ses i praksis boliger med så lavt som 20 % RF og så højt som 60 % RF i vintersæsonen.

Figur taget fra "By og Byg Anvisning 204"

Stuen			
Jaunar	Under 20 % RF	Under 30 % RF	Over 50 % RF
	[h]	[h]	[h]
	465	687	0
Februar	Under 20 % RF	Under 30 % RF	Over 50 % RF
	[h]	[h]	[h]
	72	273	0
Marts	Under 20 % RF	Under 30 % RF	Over 50 % RF
	[h]	[h]	[h]
	1	302	0
April	Under 20 % RF	Under 40 % RF	Over 60 % RF
	[h]	[h]	[h]
	24	718	0
Maj	Under 20 % RF	Under 30 % RF	Over 50 % RF
	[h]	[h]	[h]
	0	114	0
Juni	Under 20 % RF	Under 45 % RF	Over 65 % RF
	[h]	[h]	[h]
	0	705	0
Juli	Under 20 % RF	Under 60 % RF	Over 70 % RF
	[h]	[h]	[h]
	0	743	0
August	Under 20 % RF	Under 65 % RF	Over 75 % RF
	[h]	[h]	[h]
	144	743	0

Værelset			
Jaunar	RF under 20%	RF under 30%	RF over 50%
	[h]	[h]	[h]
	490	688	0
Februar	RF under 20%	RF under 30%	RF over 50%
	[h]	[h]	[h]
	72	473	0
Marts	RF under 20%	RF under 30%	RF over 50%
	[h]	[h]	[h]
	1	338	0
April	RF under 20%	RF under 40%	RF over 60%
	[h]	[h]	[h]
	24	724	0
Maj	RF under 20%	RF under 45%	RF over 65%
	[h]	[h]	[h]
	0	667	0
Juni	RF under 20%	RF under 45%	RF over 65%
	[h]	[h]	[h]
	24	684	0
Juli	RF under 20%	RF under 60%	RF over 70%
	[h]	[h]	[h]
	0	744	0
August	RF under 20%	RF under 65%	RF over 75%
	[h]	[h]	[h]
	144	744	0

Konklusion

Den relative luftfugtighed vil variere meget efter brugeradfærden. Men overordnet for stuen har den relative luftfugtighed ikke oversteget den gennemsnitlige værdi + 10% på noget tidspunkt. Dog ligger den relative luftfugtighed i august under 19% af tiden under 20 % af den relative luftfugtighed.

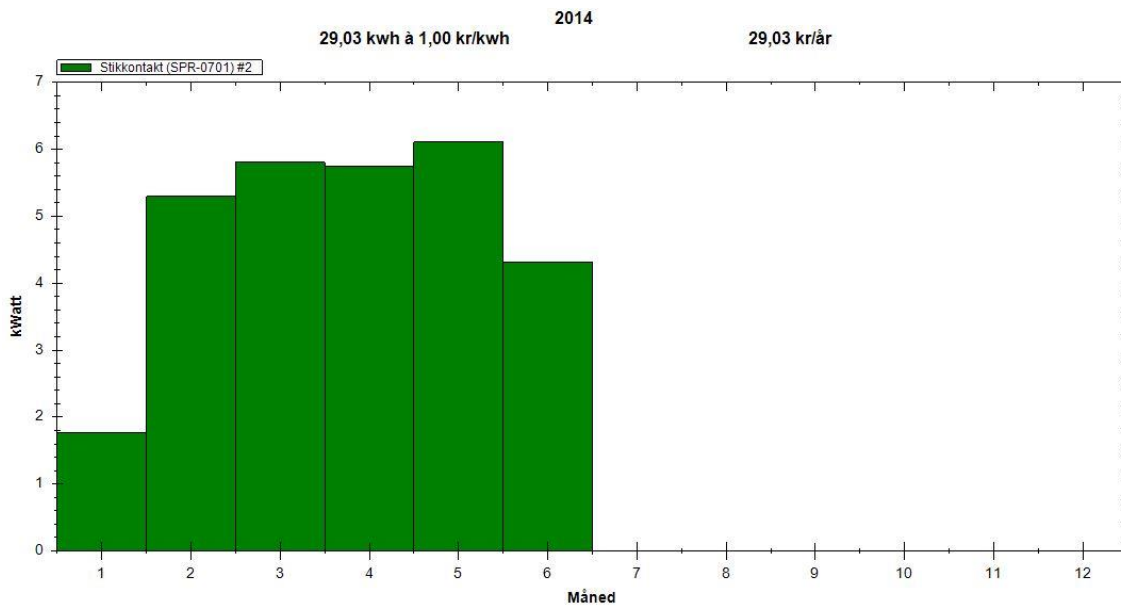
Det samme billede gør sig gældende for værelset, hvor den relative luftfugtighed ligger en anelse lavere.

Støj

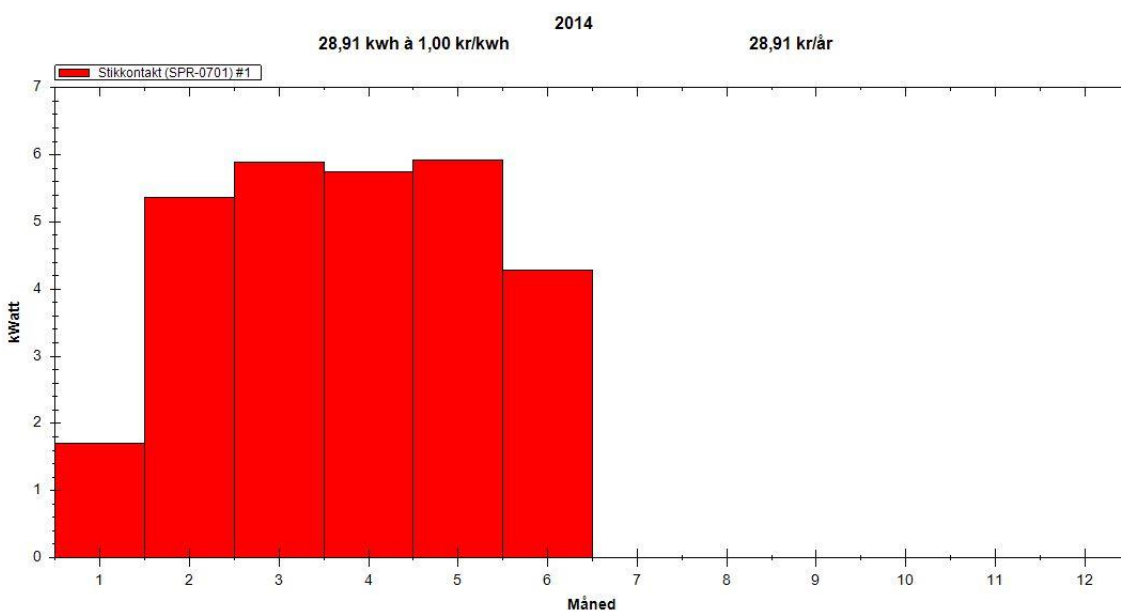
Enheden er installeret tæt op af en meget trafikeret vej, hvilket har betydet, at det ikke har været muligt at udføre en støj måling af enheden på selve stedet, da trafikstøjet overdøver enheden, når vinduet er lukket.

Elforbrug i relation til ventilationsanlæggene

De to nedenstående grafer viser elforbruget for de to enheder, der hver især har ventileret med 45 m³/h. Inden for et halvt år har hver enhed brugt omkring 30 kWh, hvilket betyder, at hver enhed har en effekt på omkring 7,9 W og at lejligheden sammenlagt bliver ventileret med en samlet effekt på omkring 16 W.



Grafen viser elforbruget for enheden installeret i køkkenet.



Grafen viser elforbruget for enheden installeret i stuen.

Konklusion

Målingerne ind til videre viser, som antaget et lavt elforbrug. Drifts-el vil ligge på omkring 120 kWh pr. år, hvilket med en elpris på 2,2 kr. pr. kWh vil være omkring 264 kr. om året.

De indsamlede måledata viser, at enheden overordnet performer som tiltænkt, da både CO2 niveauet og især den relative luftfugtighed ligger i den lave ende af skalaen og elforbruget er lavt.

Erfaringer med udvikling af nye ventilationsløsninger

Demonstration af energioptimerede decentrale ventilationsanlæg med varmegenvinding

Siden 2007 er der i et samarbejde mellem Cenergia og Kuben Management gennemført et løbende udviklingsarbejde vedr. mere energieffektive ventilationsanlæg med varmegenvinding, dels med fokus på at opnå et lavt elforbrug og høj varmegenvinding i praksis og dels ud fra et ønske om at opnå bedre bygningsindpassede løsninger. Dette samarbejde har omfattet ventilationsfirmaet Ecovent, der som en af de eneste virksomheder fremstiller sin egen optimerede ventilationsvarmeveksler, hvor det meste af branchen i Danmark benytter sig af importerede varmevekslere. Desuden har der også været et samarbejde med både Statens Byggeforskningsinstitut SBI, og VIA University College i Horsens samt Teknologisk Institut og ingeniørfirmaet MOE.

Udgangspunktet for denne indsats har dels været EU-Concerto projektet Green Solar Cities og dels den situation, der er med de nye lavenergiklasser 2015 og 2020, både i relation til nybyggeri og renovering, hvor en kombineret indsats rettet mod et forbedret indeklima opfattes som afgørende. En indsats som også har været relevant i forhold til en indsats for at udbrede den internationale "Active House" standard, bl.a. i samarbejde med store byggevareproducenter som VELUX, Grundfos, Saint Gobain og Rockwool.

En afgørende barriere for at opnå gode resultater med ventilation med varmegenvinding har været, at den såkaldte tørre genvindingsgrad både i Danmark og på det europæiske marked er relativt lav med typiske værdier i størrelsesordenen 70–75 pct. samtidig med, at elforbruget kan være ret højt, således at det for de fleste leverandører er svært at opnå SEL værdier under 1.200 J/m³ for elforbruget i forbindelse med individuelle systemer og 2.100 J/m³ for større fællessystemer.

Baseret på den gennemførte indsats er det påvist, at det er muligt at opnå tørre varmegenvindingsgrader på 90–93 pct. på basis af brug af et avanceret beregningsværktøj udviklet af Teknologisk Institut, og at dette også har kunnet påvises ved praktiske test. Problemet er bare, at producenter kan vælge at gennemføre test på institutter i udlandet, hvor man kan påvise urealistisk høje genvindingsgrader bl.a. ved at lave test, hvor elforbruget fra ventilatorerne hjælper med at øge genvindingsgraden, noget der aldrig vil ske ved en test på Teknologisk Institut.

Et vigtigt element her er også, at der skal sikres en god lufttæthed for selve genvinderaggregatet, noget som der også ofte ses stort på.

Det kan nævnes, at Aalborg Universitet i forbindelse med Ecovents ventilationsløsninger til renoveringsformål har påvist meget lave SEL værdier på omkring 300–400 J/m³, som er 33 pct. af BR-kravet. Og at der er eksempler på så lavt elforbrug til et helt enfamiliehus som 13 W, der kan sammenlignes med mere normale værdier på 35–50 W.

Da der stort set aldrig sker en dokumentation af sådanne elforbrug i praksis, kan det dog ikke undre, at man springer over, hvor gærdet er lavest, da mere gammeldags ventilationer med et højere elforbrug er betydeligt billigere.

Samlet set er det påvist ved beregninger, at en indsats for at bruge de mest effektive løsninger kan sikre 11 kWh/m² i forbedret energivarmetal, hvilket faktisk svarer til 25 pct. af 2015 lavenergiklassen. For at sikre fokus på et lavt elforbrug er der også gennemført en indsats for at sikre en overvågning af det løbende elforbrug i en række gennemførte projekter, hvilket har ført til påviste niveauer i praksis på helt op til 125 W i løbende elforbrug (for fælles ventilationsanlæg til etageboliger), svarende til 1.100 kWh el om året blot for at ventilere ca. 80 m² store lejligheder. Med en udgift hertil på op til 2.500 kr. om året kan dette udgøre en meget stor udgift i praksis for beboerne, når der ikke følges op på dette i praksis, hvilket også er en

kortsigtet strategi, da EU's bygningsdirektiv foreskriver, at "Performance Documentation" senest skal implementeres som fast praksis i medlemslandene i år 2020.

Et yderligere princip for at sikre fokus på elforbruget til ventilation har været at etablere såkaldte PV Ventilationsanlæg, hvor solceller modsvarer det årlige elforbrug. Her bør 1-2 m² pr. bolig være nok, hvis der er tale om gode decentrale ventilationsanlæg.

I det følgende gennemgås resultater fra en række gennemførte demonstrationsbyggerier, herunder nybyggeriet Langgadehus i Valby samt en byfornyelsessag på Gl. Kongevej i København.

Der er igennem en årrække arbejdet med udvikling af mere energieffektive ventilationsløsninger indenfor traditionel ventilation med varmegenvinding, hvor det generelt er svært at opnå prisbillige løsninger. Der er nu over en længere årrække gennemført et udviklingsarbejde med rumbaserede ventilationsløsninger, hvor grundideen til eksisterende ejendomme var at udskifte radiatorer under vinduerne med en ventilationsenhed, der fylder det samme, men både kan sikre opvarmning og balanceret ventilation med varmegenvinding og i den forbindelse udnytte vinduet til friskluftindtag og afkast af brugt luft. I forbindelse med realisering af en prototypeløsning i praksis i en etageboligejendom blev det klart, at hvor det eksisterende ventilationsmarked er meget traditionelt, er der med den nye tilgang en helt ny måde at løse tingene på, der har en masse fordele og virker som en intuitiv rigtig løsning, som folk kan forstå. Man behøver ikke normale kanalføringer i forbindelse med installation af enhederne, som kombineres med en almindelig vinduesudskiftning, hvor bundstykket har integreret friskluftindtag og afkast. Der er ingen nævneværdig støj, og varmefunktionen sikrer en rigtig god komfort i praksis, og da man stadigvæk har fugtstyret udsugningsventilation fra baderum, kan der sikres en rigtig fin korrespondance med de balancerede, rumbaserede enheder, som stopper udsugningen, når der udsuges i badeværelset eller ved en emhætte i køkkenet.

Vellykket anvendelse af decentrale ventilationsanlæg i 59 familieboliger i Langgadehus i Valby



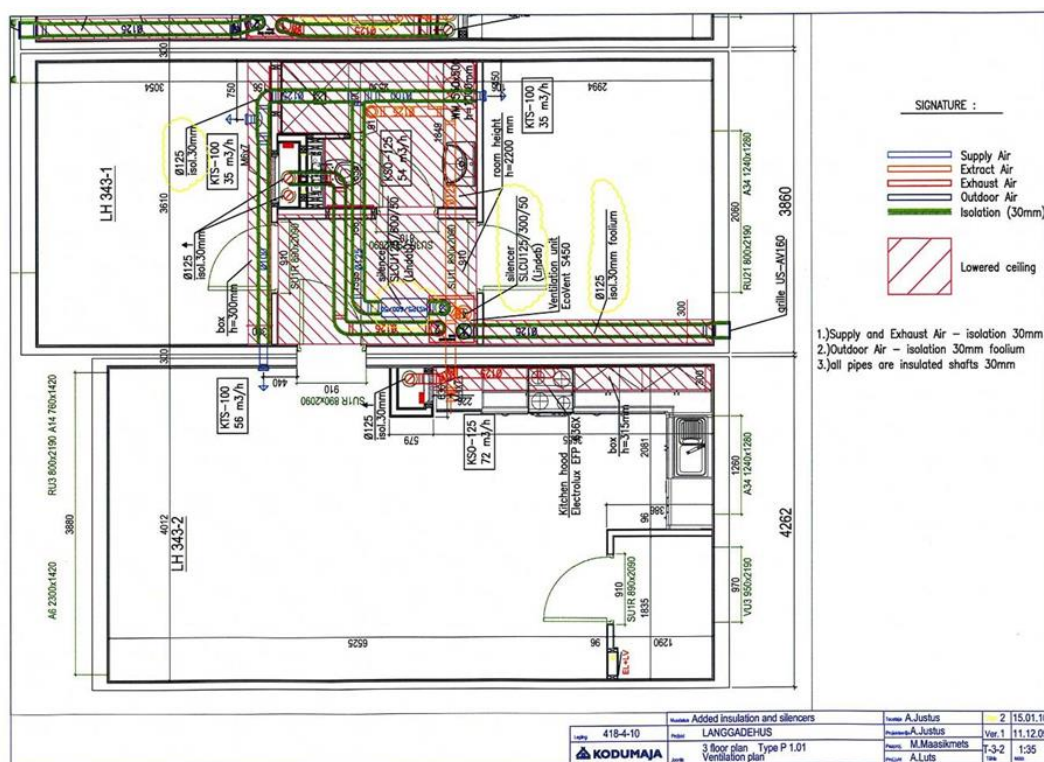
Præfabrikerede tagboliger i Langgadehus i Valby blev lavet med indbyggede ventilationsanlæg med varmegenvinding



I Langedehus blev anvendt Ecovents Eco 450 model, som blev installeret i 2010

Et detaljeret måleprogram for de installerede ventilationsanlæg med varmegenvinding i Langedehus er gennemført i samarbejde med Statens Byggeforskningsinstitut SBI inkl. afprøvning af metoder til at sikre brugerstyret ventilation.

I den forbindelse er der også gennemført online måling over internettet af nøgleparametre som f.eks. el-forbruget, og der er også gennemført spørgeskemaundersøgelser rettet mod beboerne.

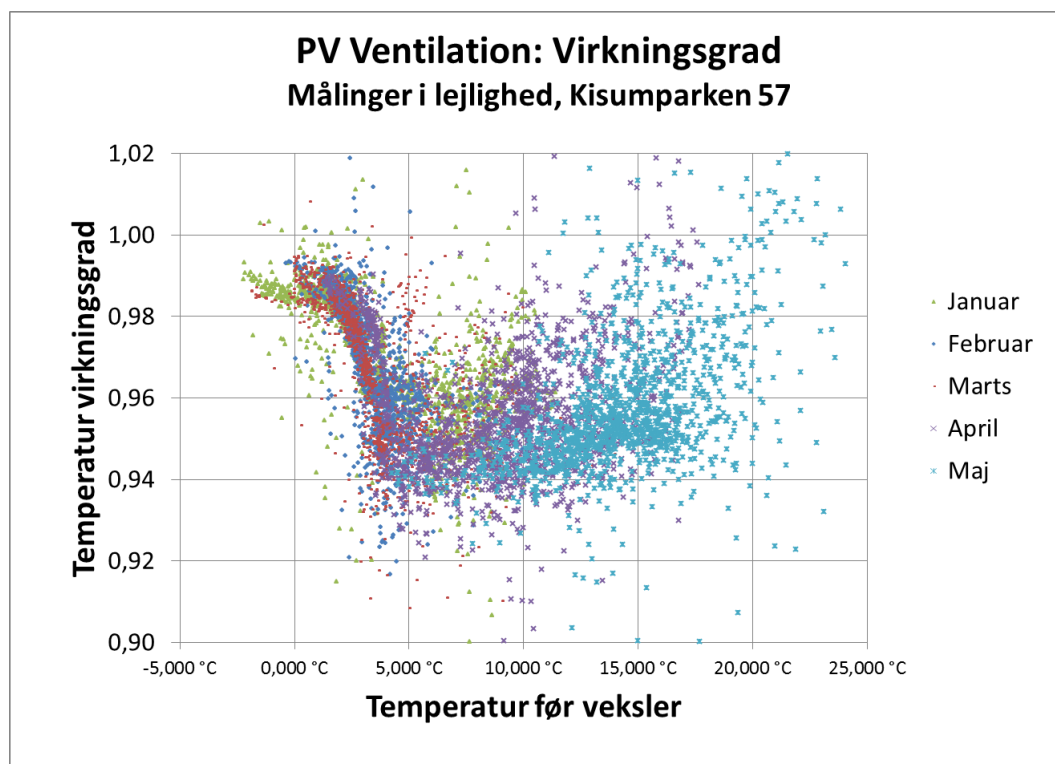


Indpasning af decentrale ventilationsanlæg med varmegenvinding i 59 boliger i Langedehus i Valby

Testresultater fra VIA UC i Horsens som viser varmegenvindingseffektiviteter fra 92–98 pct. for et ventilationsanlæg fra Ecovent (Eco500). Den tørre varmegenvindingsgrad er sandsynligvis 5 pct. lavere, når der anvendes de mest energieffektive ventilatorer.

Målinger af decentrale loftmonterede ventilationsanlæg med varmegenvinding i Kisumparken i Brøndby Strand

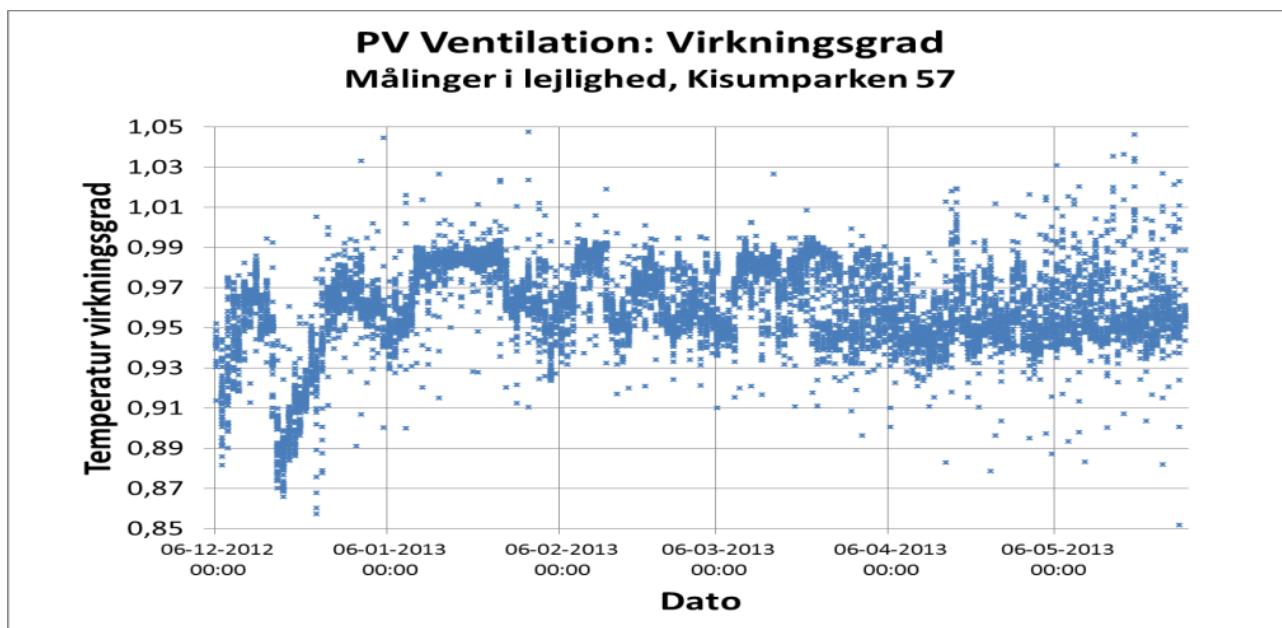
VIA University College har fra december 2012 og frem til sommeren 2013 gennemført detaljerede målinger på en række lejligheder, der har fået monteret ventilationsanlæg med varmegenvinding fra firmaet Ecovent. Der er her tale om et loftmonteret aggregat, der stort set svarer til det, som firmaet Øland markedsfører under navnet AHU-250-M-EC.



Måling af varmegenvindingsgrad i Kisumparken 57 som funktion af frisklufttemperatur.

Som det ses, ligger denne meget højt med værdier mellem 94 og 98 pct. Her indgår nok en mindre effekt fra kondensering. Til sammenligning viste målinger fra et andet lidt større aggregat af samme fabrikat i laboratoriet hos VIA-UC værdier mellem 90 – 95 pct., der stadig må betegnes som meget høje.

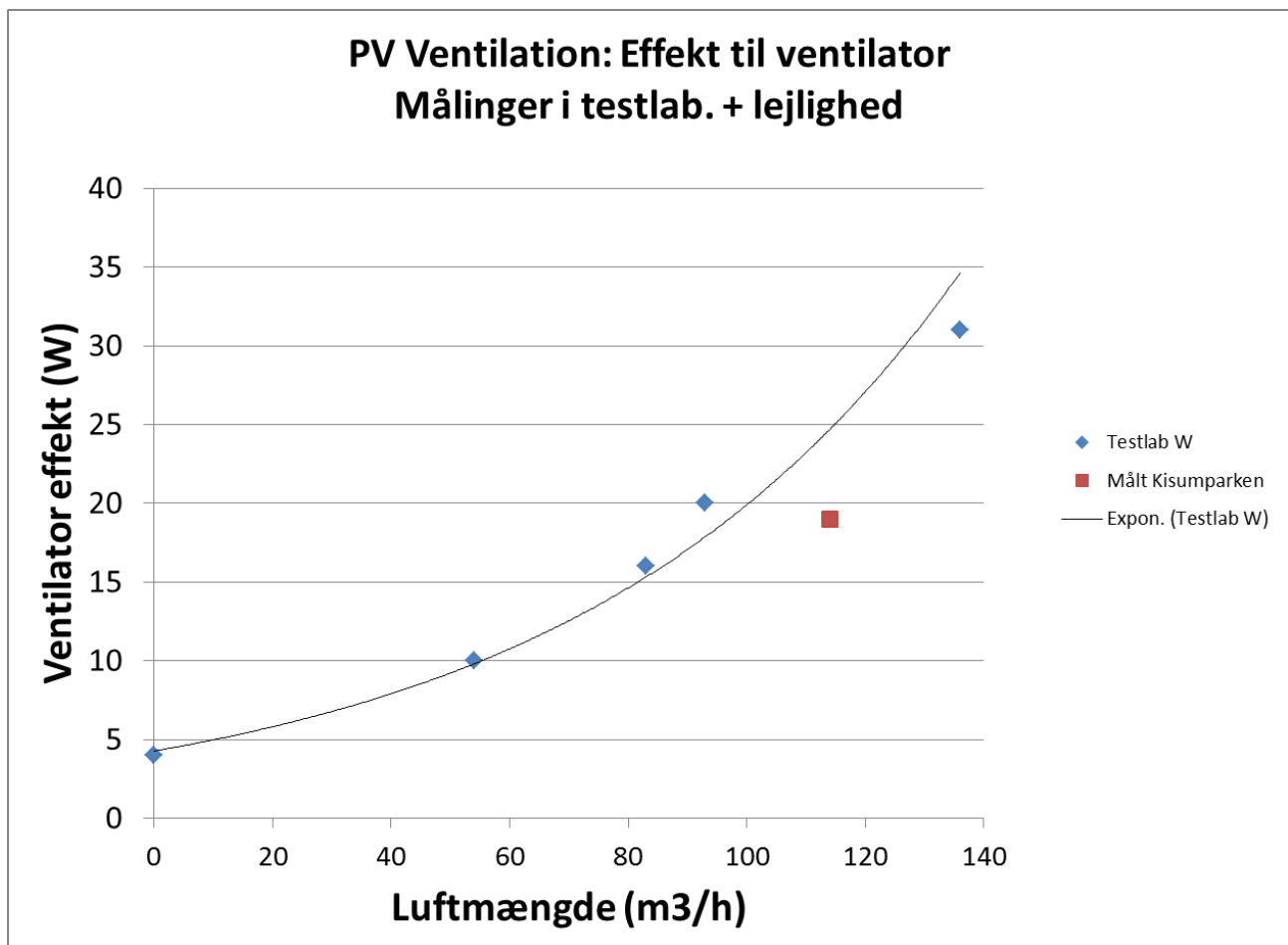
Den målte genvindingsgrad for et lidt kortere aggregat, som markedsføres af Øland, er målt på Teknologisk Institut med en tør genvindingsgrad på 83,5 pct. ved samme luftmængde.



Årsvariation af varmegenvinding

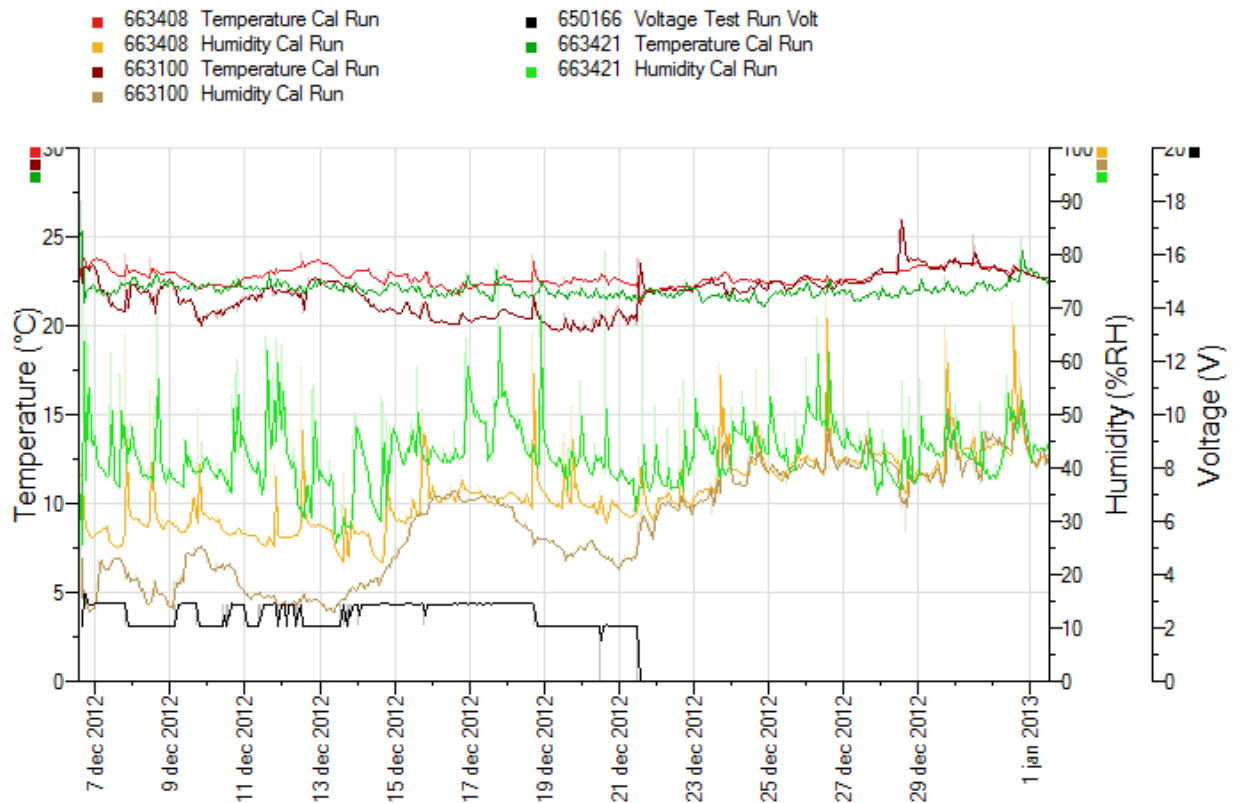


Illustration af kompakt ventilationsenhed med varmegenvinding, som er installeret under loft i energirenoverede lejligheder i bl.a. Kisumparken i Brøndby Strand. Selv om genvinderenheden er tynd, bekræfter længden og bredden af enheden, at varmeveksleren har et pænt varmeoverførende areal samtidig med en begrænset strømningsmodstand/lavt elforbrug.



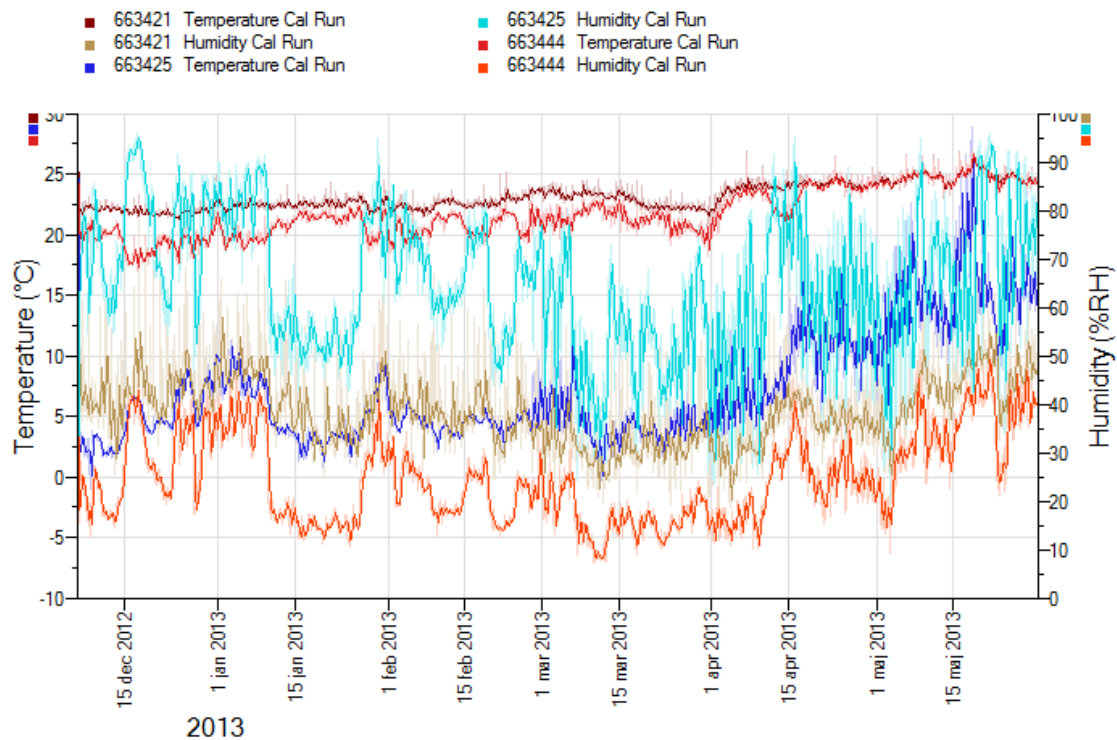
Elforbrug til ventilatorer målt i laboratoriet hos VIA-UC samt til sammenligning måling i Kisumparken. Elforbruget er lavt med 20 W ved 100 m³/h luftmængde og 27 W ved 128 m³/h i laboratoriet, mens det i Kisumparken er målt til 19 W ved 115 m³/h.

Forskel mellem drift og ikke-drift af ventilator: Kisumparken 59



Målinger i Kisumparken 59 er særligt interessante, som det fremgår af figuren, fordi ventilationen stoppede ved en fejl d. 21. december 2012 (på grund af måleudstyret). Det betyder, at figuren både viser resultater med ventilation med varmegenvinding og uden mekanisk ventilation. Som det fremgår, er resultatet en betydelig forøgelse af fugtigheden i lejligheden, når der ikke er mekanisk ventilation med varmegenvinding. Desuden er det tydeligt, at aggregatet er meget effektivt, fordi temperaturforskellen mellem indblæsning og udsugning kun er 1–2 °C.

Kisumparken 61



Målinger fra december 2012 til juni 2013 i Kisumparken 57.

Også her ses en meget lille temperaturforskel på udsugning og indblæsning, hvilket skyldes den høje effektivitet af aggregatet.

Samtidig er det også tydeligt, at frisklufttemperaturen målt lige før genvinderaggregatet er 3-4 °C højere end udetemperaturen, hvilket må skyldes en forvarmning i kanalsystemet.

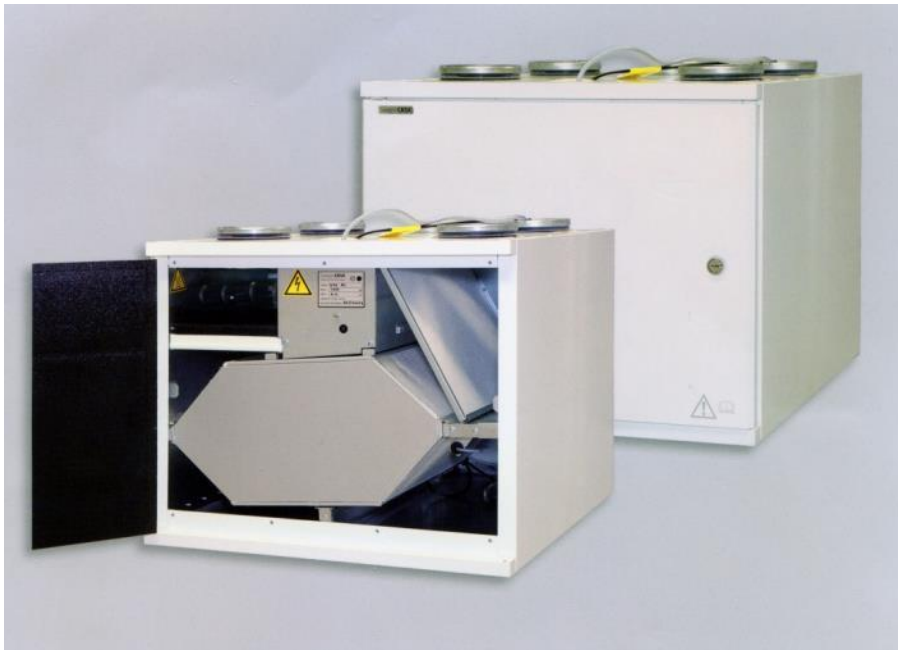


Foto af typisk varmegenvinderenhet til en bolig. Man kan se af varmevekslerens størrelse, at den er lille og nok ikke har den højeste varmegenvindingsgrad samtidig med, at trykmodstanden og dermed elforbruget nok ligger i den høje ende.



Testopstilling på VIA University College i Horsens

Notat vedrørende Gl. Kongevej 51/Værnedamsvej 18-20, Sag nr. 05.2396.02

BR-krav til ventilation i lejligheder

I køkkener skal der kunne udsuges 20 l/sek.

I badeværelser skal der kunne udsuges 15 l/sek.

I WC-rum skal der kunne udsuges 10 l/sek.

Luftskifte skal mindst være 0,3 l/sek. pr. m².

Herudover regnes med, at der ved forceret drift på emhætte udsuges 40 l/sek.

Ventilationsløsninger i opgange:

Gl. Kongevej 51:

Der skal etableres anlæg for ventilation af 10 lejligheder beliggende fra 1. til 5. sal.

Da der er gode muligheder for at tilpasse installationsskakt efter behov i denne opgang, vurderes det at være hensigtsmæssigt at vælge løsning med decentrale ventilationsaggregater i lejlighederne. Herudover kan decentrale ventilationsaggregater placeres således, at pladskrav til service kan opfyldes.

Installationsskakte skal indeholde følgende:

Kanal for udsugning fra emhætter 1.- 5. sal.

Kanal(er) for udeluft forsyning til decentrale ventilationsaggregater i lejligheder.

Kanal(er) for afkast luft fra decentrale ventilationsaggregater i lejligheder.

Boligareal i lejligheder er henholdsvis 82, 89, 92, 116 og 125 m², hvorfor udsuget luftmængde 0,3 l/sek. pr. m² varierer fra min. 25 l/s til 37,5 l/sek.

Ved drift af emhætter øges luftmængde med 40 l/sek. pr. emhætte, hvorved samlet luftmængde bliver 65–77,5 l/sek. pr. lejlighed.

Værnedamsvej 18:

Der skal etableres anlæg for ventilation af 10 lejligheder beliggende fra 1. til 5. sal.

Da der er relativt gode muligheder for at tilpasse/placere installationsskakte efter behov, vurderes det at være hensigtsmæssigt her at vælge løsning med centralt ventilationsaggregat på loft for betjening af lejlighederne i denne opgang.

Installationsskakte skal indeholde følgende:

Kanal for indblæsning af udeluft til lejligheder.

Kanal for udsugning af luft fra lejligheder.

Boligareal i hver lejlighed er henholdsvis 93 og 103 m², hvorfor udsuget luftmængde 0,3 l/sek. pr. m² varierer fra min. 28 l/s til 31 l/sek. Anlæg dimensioneres ud fra luftmængde 15 og 20 l/sek. henholdsvis i badeværelse og køkken, i alt 35 l/sek. pr. lejlighed. For 10 lejligheder fås grundudsugning i alt 350 l/sek. (1.260 m³/h).

Ved forceret drift af emhætter øges luftmængde med 20 l/sek. pr. emhætte, hvorved samlet luftmængde bliver 55 l/sek. pr. lejlighed. Med samtidighedsfaktor på 0,75 fås samlet luftmængde for alle lejligheder (1.800 m³/h).

Værnedamsvej 20:

Der skal etableres anlæg for ventilation af 5 lejligheder beliggende fra 1. til 5. sal.

Da der er mindre gode muligheder for at tilpasse installationsskakt, vurderes det at være hensigtsmæssigt at vælge løsningen med kontroludsugning i lejlighederne i denne opgang.

Installationsskakte skal indeholde følgende:

Kanal for udsugning fra emhætter og badeværelser/toiletrum 1.- 5. sal.

Boligareal i hver lejlighed er 172 m^2 , hvorfor udsuget luftmængde bliver: $172 \times 0,3 = 52 \text{ l/sek.}$ For 5 lejligheder fås grundudsugning i alt 260 l/sek. ($936 \text{ m}^3/\text{h}$).

Ved forceret drift af emhætter øges luftmængde med 20 l/sek. pr. emhætte.

Det anbefales at etablere/forberede lejlighederne på, at der eventuelt senere kan etableres balanceret ventilation.

Jan B. Pedersen
Statens Byggeforskningsinstitut
Aalborg Universitet

Datum: 18-03-2013

Alireza Afshari
Niels C. Bergsøe

Måleplan v. SBi

Angående: Gl. Kongevej 51 og Værnedamsvej 18-20

Gl. Kongevej 51 TV

Funktionalitet

Registrering af ventilatorernes elforbrug; TinyTag logger (Elmålere), 10 st

Registrering af varmeffladens elforbrug; TinyTag logger (Elmålere), 1 st

Registrering af trykfals over anlæggene; 1 gang pr. måned

Indeklima

Registrering af lufttemperatur og relativ fugtighed i kanaler; TinyTag logger, 10 st

Registrering af lufttemperatur og relativ fugtighed i udendørs; TinyTag logger, 1 st

Registrering af lufttemperatur og relativ fugtighed i indendørs; TinyTag logger, 10 st

Registrering af CO_2 ; TinyTag logger, 6 st

Registrering af luftskifte; PFT-metode og henfaldet af sporgassen og CO_2

Registrering af lufthastigheder; 1 gang pr. måned

Spørgeskema; 1 gang pr. måned

Dagbog

Gl. Kongevej 51 TH

Funktionalitet

Registrering af ventilatorernes elforbrug; TinyTag logger (Elmålere), 10 st

Registrering af varmeffladens elforbrug; TinyTag logger (Elmålere), 1 st

Registrering af Leanvent spjæld luftstrømsregulering; TinyTag logger (Elmålere), 10 st

Registrering af trykfals over anlæggene; 1 gang pr. måned

Indeklima

Registrering af lufttemperatur og relativ fugtighed i kanaler; TinyTag logger, 10 st

Registrering af lufttemperatur og relativ fugtighed i udendørs; TinyTag logger, 1 st

Registrering af lufttemperatur og relativ fugtighed i indendørs; TinyTag logger, 10 st

Registrering af CO_2 ; TinyTag logger, 6 st

Registrering af lufthastigheder; 1 gang pr. måned

Registrering af luftskifte; PFT-metode og henfaldet af sporgassen og CO_2

Spørgeskema; 1 gang pr. måned
Dagbog

Værnedamsvej 18

Funktionalitet

Registrering af ventilatorernes elforbrug; TinyTag logger (Elmålere), 2 st
Registrering af Leanvent spjæld luftstrømsregulering; TinyTag logger (Elmålere), 10 st
Registrering af trykfals over anlæg; 1 gang pr. måned

Indeklima

Registrering af lufttemperatur og relativ fugtighed i kanaler; TinyTag logger, 10 st
Registrering af lufttemperatur og relativ fugtighed i udendørs; TinyTag logger, 1 st
Registrering af lufttemperatur og relativ fugtighed i indendørs; TinyTag logger, 10 st
Registrering af CO₂; TinyTag logger, 6 st
Registrering af luftskifte; PFT-metode og henfaldet af sporgassen og CO₂
Registrering af lufthastigheder; 1 gang pr. måned
Spørgeskema; 1 gang pr. måned
Dagbog

Værnedamsvej 20

Funktionalitet

Registrering af ventilatorernes elforbrug; TinyTag logger (Elmålere), 2 st
Registrering af Leanvent spjæld luftstrømsregulering; TinyTag logger (Elmålere), 10 st
Registrering af trykfals over anlæg; 1 gang pr. måned

Indeklima

Registrering af lufttemperatur og relativ fugtighed i kanaler; TinyTag logger, 10 st
Registrering af lufttemperatur og relativ fugtighed i udendørs; TinyTag logger, 1 st
Registrering af lufttemperatur og relativ fugtighed i indendørs; TinyTag logger, 10 st
Registrering af CO₂; TinyTag logger, 6 st
Registrering af luftskifte; PFT-metode og henfaldet af sporgassen og CO₂
Registrering af lufthastigheder; 1 gang pr. måned
Spørgeskema; 1 gang pr. måned
Dagbog

PV Ventilationsløsning til Søndermarken-bebyggelsen

Søndermarken projektbeskrivelse ventilation projektforslag

Ventilationsanlæg

Decentrale anlæg i boliger, normaletager samt penthouse.

Der etableres mekanisk balanceret ventilation i hver lejlighed. Ventilationsanlægget sikrer en konstant udskiftning af rumluften, således at der opretholdes et behageligt indeklima med god luftkvalitet.

Via højeffektiv modstrømsveksler genvindes op mod 90 pct. af rumopvarmningen samtidig med, at der sikres behagelig indblæsningstemperatur i vinterhalvåret.

Ventilationsaggregatet har indbygget natkøling via bypass. Her bliver den kølige friske natteluft brugt til at nedbringe rumtemperaturen i sommerperioden.

Ventilationsaggregatet har indbygget el-varmeblade. Denne kan anvendes ved meget lave udetemperaturer, eller hvor der ønskes fuld balanceret drift hele året.

Ventilationsaggregatet placeres over nedhængt loft i badeværelser, forudsat der er plads nok. Der etableres inspektionslem i loft for service af anlæg.

Friskluft indtag placeres i facade for at minimere kanalføring og elforbrug til lufttransport.

Der udsuges fra rum med høj fugtbelastning via kontrolventil i køkken og badeværelse samt i garderoberum til forebyggelse af skimmelsvamp i lejlighedsvægge mod uopvarmet trappeopgang. I køkken installeres emhætte med kulfilter over komfur. Alle eksisterende naturlige aftræk blændes.

Erstatningsluft indblæses i stue og soveværelse. For ventilering af øvrige rum etableres friskluftventiler i vinduer.

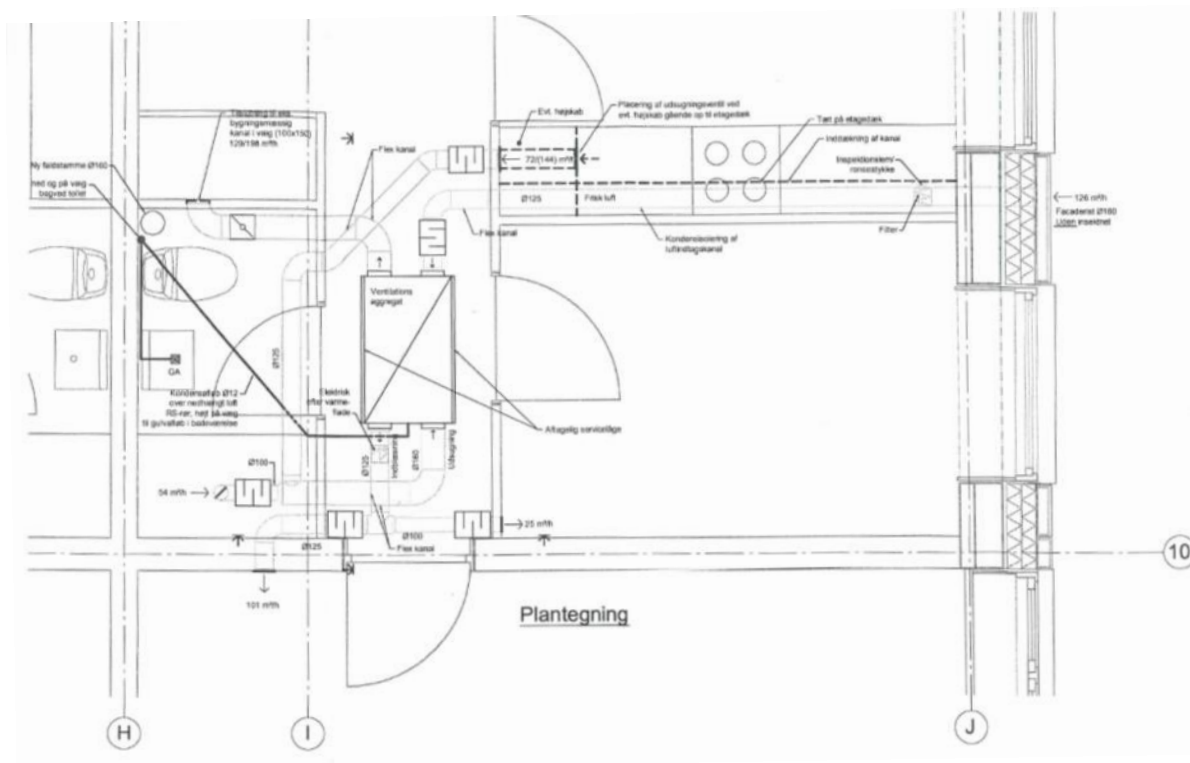
Afkast fra ventilationsaggregat føres over tag via eksisterende naturlige aftrækskanaler fra badeværelser, som tilsluttes en boxventilator på tag.

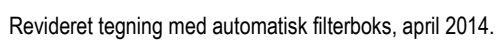
På udsugning og indblæsning etableres lyddæmpere.

Kanalføring for indblæsning og udsugning minimeres i højde og føres langs vægge og loft, hvor de inddækkes i skørt af hensyn til lejlighedernes æstetik.

Indblæsning foretages via diskrete riste indbygget lodret i skørt.

Inden opstart udføres en komplet installation i lejemål som prøveinstallation til bygherrens godkendelse.





Test af solcelledrevne ventilationsanlæg med varmegenvinding i forbindelse med byfornysesejendom på Gl. Kongevej i København



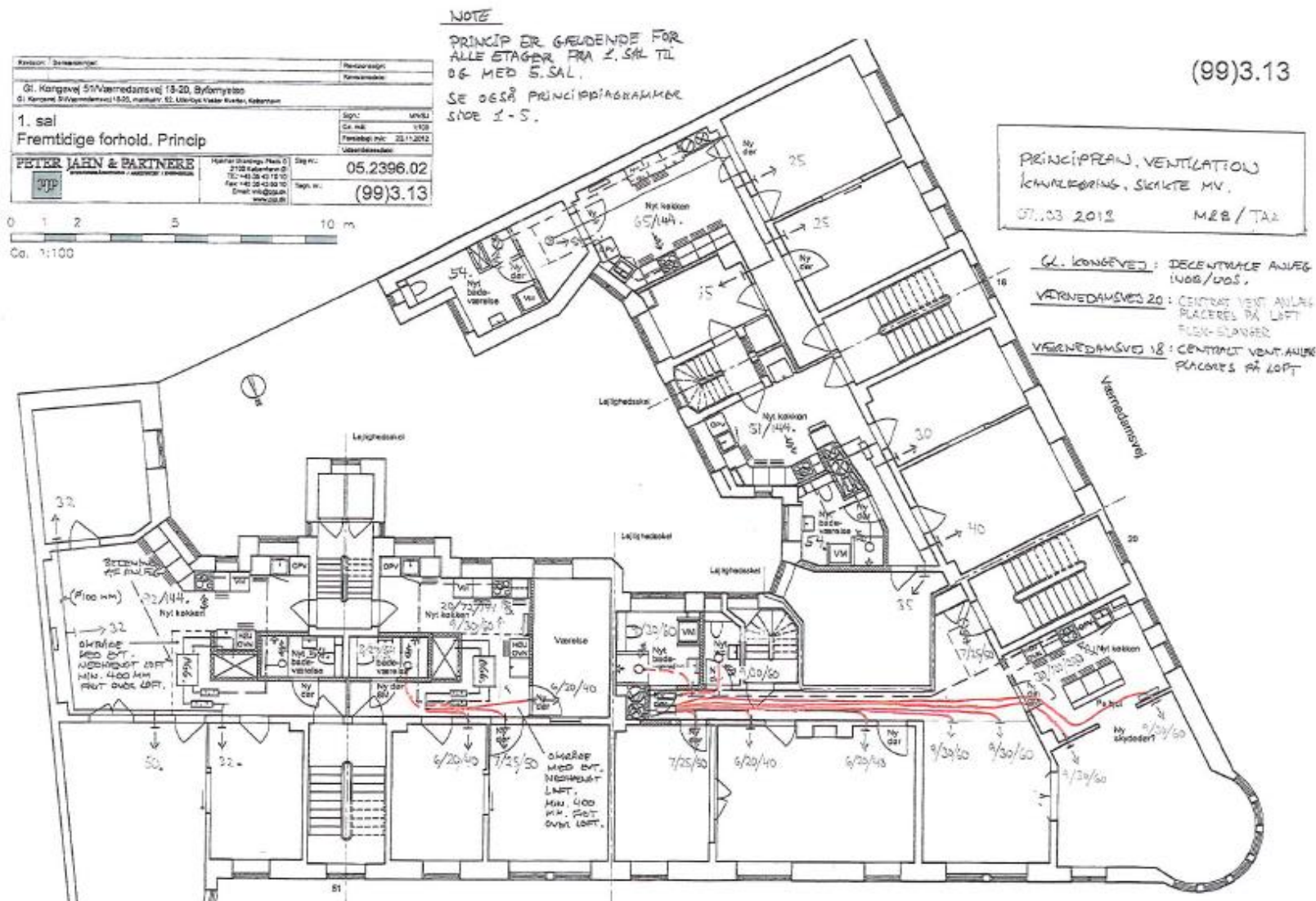
Byfornysesejendom på hjørnet af Gl. Kongevej og Værnedamsvej i København, som er ejet af Arbejdernes Landsbank. Efter aftale med SBi og Københavns Kommune er der installeret flere forskellige typer af ventilationsanlæg med varmegenvinding, både centrale og decentrale, men udført i den mest effektive udformning inkl. en innovativ anlægsløsning med bl.a. Leanvent spjæld.



Eksempel på Øland/Ecovent decentralt ventilationsanlæg med varmegenvinding placeret under loft i byfor-nyelsesejendom på Gl. Kongevej i København.

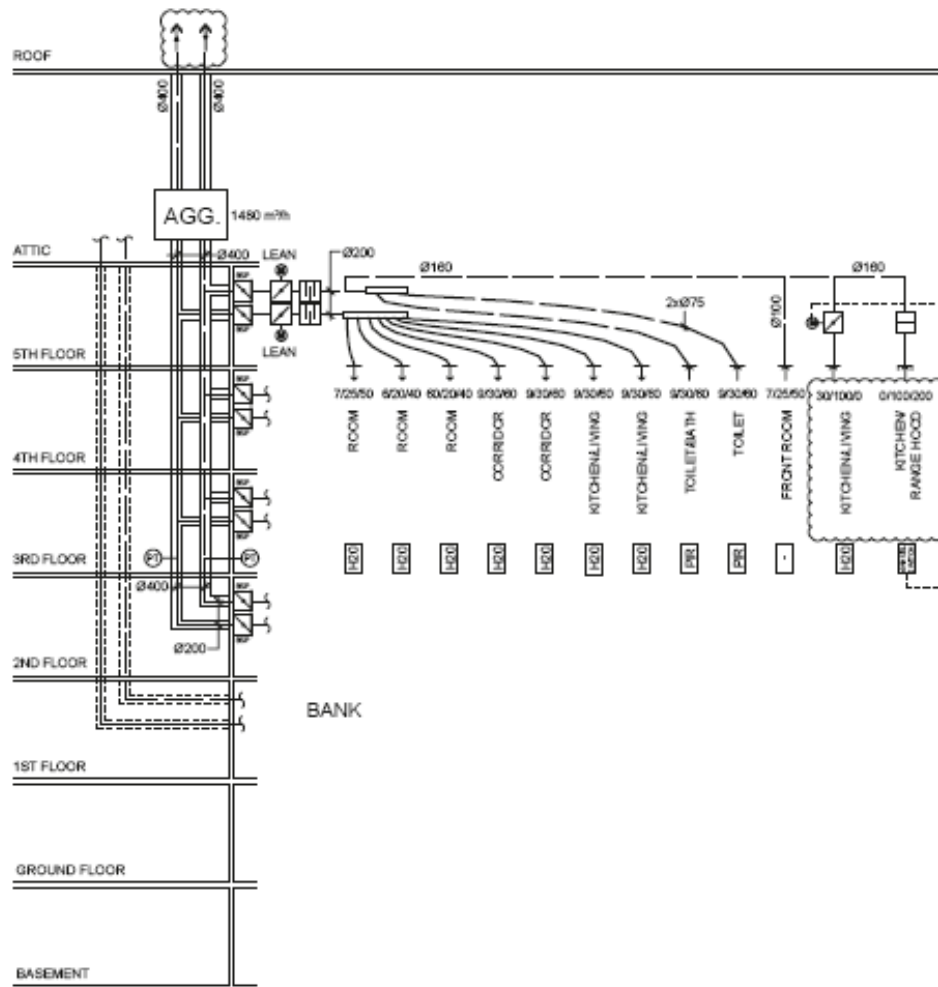


For nogle lejligheder er der anvendt et centralt ventilationsanlæg med varmegenvinding fra Ecovent. Anlægget er placeret på spidsloftet.



Tegning der viser en af etagerne i den byfornyeede ejendom

Værnedamsvej 20



Ecovent Air handling unit L2000 placed in the attic.

Fire and smoke dampers at each branch to the apartment

Demand controlled ventilation: $0,1 \text{ l/s} \times \text{m}^2$ ($0,15 \text{ h}^{-1}$) ell. $0,35 \text{ l/s} \times \text{m}^2$ ($0,5 \text{ h}^{-1}$) ell. $0,7 \text{ l/s} \times \text{m}^2$ ($1,0 \text{ h}^{-1}$)

Establish fire control system according to DS428 for fire and smoke protection of ventilation systems.

The control system adjusts fan speed so that the pressure in the duct system is always adapted to the desired air volume / needs.

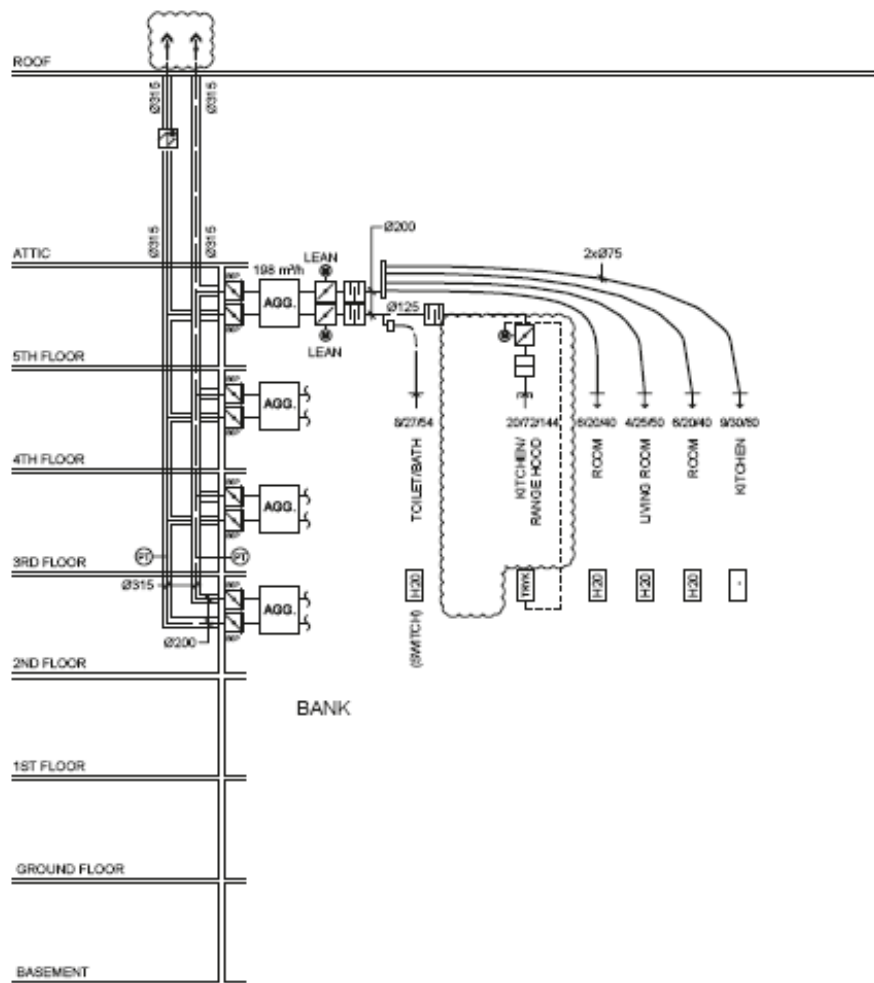
Motor Damper On / OFF closes when the hood is activated by pressure.

Throttle valves with integrated pressure and flow regulator.

This is the gate coupled up with room sensors via automation.

Anlægsgtegnung udført af MOE ved fremvisning af løsninger til Nordic Built partnere fra de 5 nordiske lande. Her centralt ventilationsanlæg fra Ecovent.

Gl.Kongevej 51 t.h.



Øland air handling unit AHU-250-M-EC in every apartment.

Fire and smoke dampers at each branch to the apartment.

Demand controlled ventilation: 0,1 l/s x m² (0,15 h⁻¹) ell. 0,35 l/s x m² (0,5 h⁻¹) ell. 0,7 l/s x m² (1,0 h⁻¹)

Prepare for common preheating in the attic. Establish fire control system according to DS428 for fire and smoke protection of ventilation systems.

Motor spjæld ON / OFF closes when the exhaust hood is activated by pressure.

The control system adjusts fan speed so that the pressure in the duct system is always adapted to the desired air volume / needs.

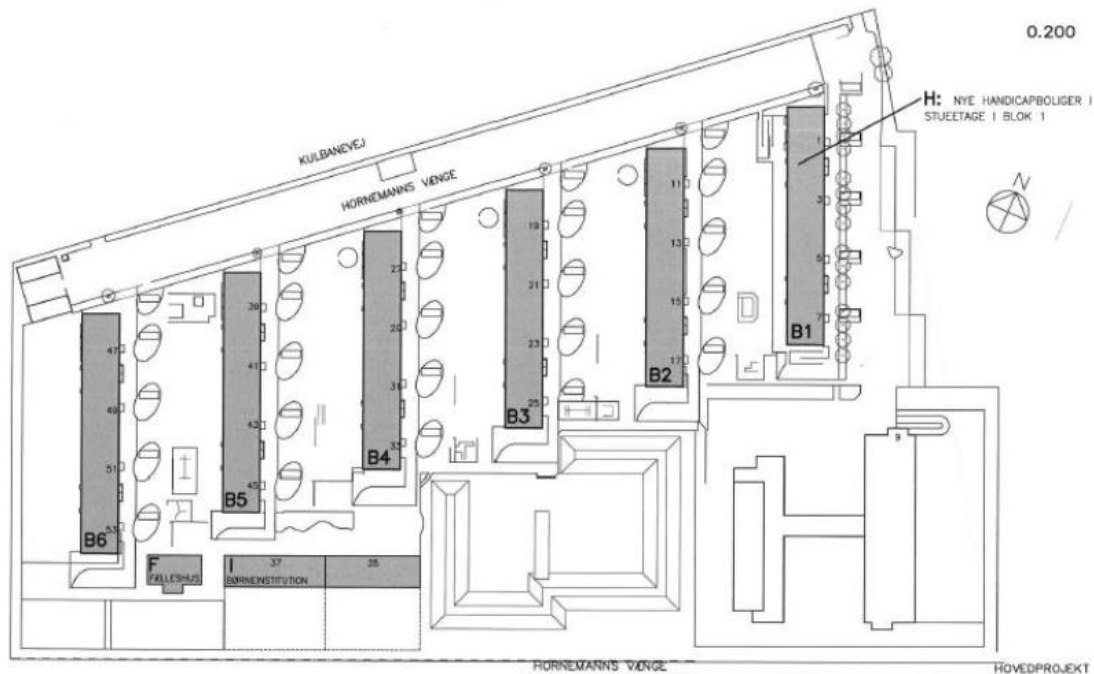
Regulation damper with integrated pressure and flow regulator.

This is the gate coupled up with room sensors via automation.

Anlægstegning udført af MOE ved fremvisning af løsninger til Nordic Built partnere fra de 5 nordiske lande. Her decentrale ventilationsanlæg fra Øland/Ecovent.

Opfølgning i forbindelse med energirenovering af 288 lejligheder i Hornemanns Vænge i Valby med centrale ventilationsanlæg med varmegenvinding

Her er anvendt centrale ventilationsanlæg med varmegenvinding



Plantegning af Hornemanns Vænge bebyggelsen i Valby



Foto af det færdige renoveringsprojekt hvor solcelleelementer i taget kan ses

Renoveringsprojektet var færdigt i løbet af foråret 2013.

Som en særlig ting indgik anvendelse af både solvarme og solceller i en solenergi kraftvarmeløsning, som et godt supplement til den kraftvarme baserede fjernvarmeforsyning, hvilket i princippet betyder at energiforsyning kan undværes i solrige perioder.

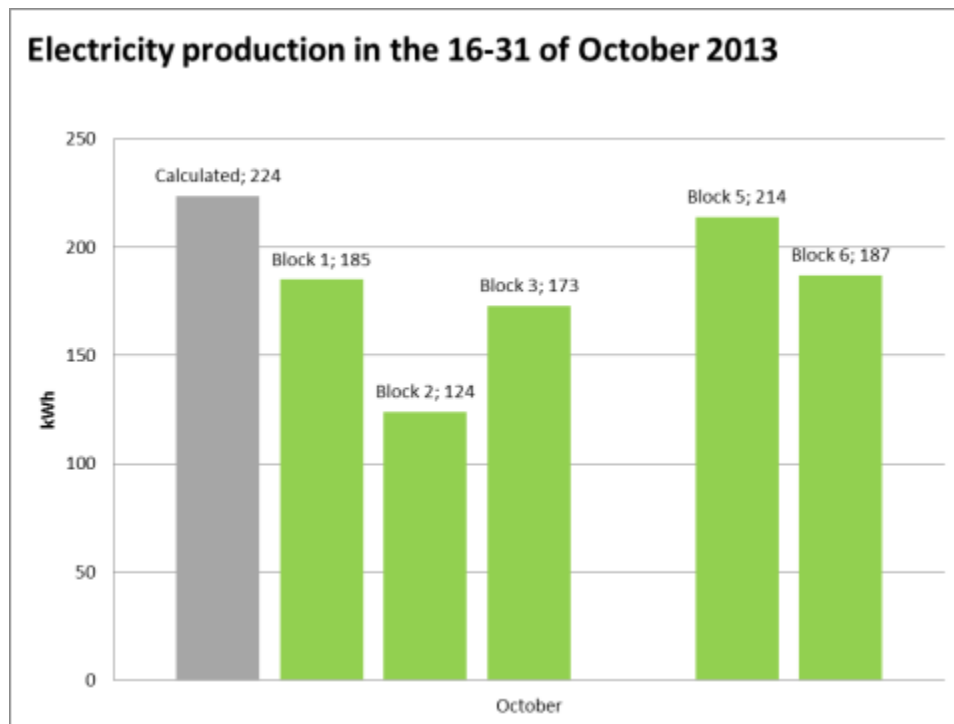
Ventilation med varmegenvinding blev indført med fælles ventilationsanlæg til 24 boliger ad gangen, og med test af bruger installationer i en lejlighed inden realisering, så beboerne kunne sige god for løsningen. Målet var at opnå et elforbrug til ventilation, der kunne modsvares af solcellestrømmen. Implementering startede i august 2011, hvor nye tage med både solceller og solfangere blev etableret. Totalt er installeret 100 m² solceller og 100 m² termiske solfangere pr. boligblok (total solcelle installation er 85,5 MWp). Der er etableret overvågning af både solvarme- og solcelleproduktion samt fjernvarmeforbrug og elforbrug til ventilation. En inspektion foretaget af Teknologisk Institut vedr. kvaliteten af solcellesystemet viste et samlet godt resultat.



Beton boligblokkene før renoveringen var yderst traditionelt 1960 byggeri



Forsøg med indpasning af ventilationskanaler før fuldskala renovering



Solcelleydelse fra CTS anlæg 16. – 31. oktober 2013 viste lidt blandede resultater, hvilket dog snarere var et CTS problem end et anlægsproblem. Målinger i de første 7.558 timer kan ekstrapoleres til 14.012 kWh pr. år eller 983 kWh/kWp, som er fint. Online måling etableres efterår 2014.



Det gamle 1960'ers betonbyggeri er blevet total renoveret med nye facader og glasinddækkede altaner. Både solceller og solfangere er indpasset i de nye tage med hældning og tagpap afdækning.



De 100 m² solceller på taget blev udført med god økonomi for brugerne.

Der blev anvendt centrale ventilationsanlæg med varmegenvinding af hensyn til at sikre en nem drift bl.a. med hensyn til filterskift. Og selvom der er erfaring for at centrale ventilationsanlæg kan have væsentligt højere elforbrug end hvad man oplever med decentrale ventilationsanlæg i hver bolig, så var det alligevel en overraskelse at målingerne viste et elforbrug så højt som 1.100 kWh pr. bolig om året, svarende til en årlig udgift på ca. 2.300 kr., eller 125 W i løbende effektforbrug. Dette kan sammenlignes med målte elforbrug for andre centrale ventilationsanlæg med varmegenvinding i nybyggeri med 55 – 60 W i elforbrug. Forskellen kan godt stamme fra de mere begrænsede muligheder, der er for at føre ventilationskanaler ved boligrenovering, men med en samlet udgift til løsningen på 60.000 kr. pr. bolig, er der ikke økonomiske grunde til at foretrække denne løsning. Samtidigt kunne målet om en CO₂ neutral ventilation med hjælp fra solcellestrøm ikke opnås idet strømforbruget er ca. 4 gange højere end den årligt producerede solstrøm.



Det nye loftrum er isoleret med papirgranulat isolering, som giver en god lufttæthed.



Foto af et af de centrale ventilationsanlæg med varmegenvinding i Hornemanns Vænge.

Workshop om ventilation med Københavns Kommune

Konklusioner på workshoppen den 24. maj om ventilationsløsninger i eksisterende byggeri.

Tak for jeres deltagelse i ventilationsworkshoppen 24. maj og til de mange gode indlæg og synspunkter i forbindelse med arrangementet.

Dagen gav ikke nogle klare konklusioner mht. etablering af nye ventilationsløsninger i ældre ejendomme eller en færdig resultatliste. Det var vel snarere sådan, at dagen viste, at mekanisk ventilation af boliger er et vanskeligt område, og hvad der kan betegnes som en god løsning i forhold til ventilation afhænger af, hvad det er for en ejendom, man taler om, og hvem man spørger.

Jeg (vi) vil alligevel prøve at samle op på dagen og forsøge at give nogle anbefalinger i forhold til ventilation i ældre ejendomme. Det kan så være et bidrag til den fortsatte diskussion af ventilation i ældre ejendomme.

1. Naturlig ventilation

Naturlig ventilation i ældre ejendomme er ofte utilstrækkeligt for at sikre et godt indeklima. Egentligt kan der godt opnås et godt indeklima med naturlig ventilation, men det kræver en adfærd, de færreste har: Nemlig, grundig udluftning flere gange om dagen.

Der er også en række forhold, som har gjort, at mekanisk ventilation i boliger er blevet mere påkrævet med tiden. Her er blot nogle årsager:

1. Ildsteder og brændeovne sikrede en grundventilation i fyringssæsonen. De færreste har det i dag.
2. Boliger er blevet gjort mere tætte med nye vinduer, tætningslister mm.
3. De fleste boliger har i dag bad, der benyttes flere gange dagligt, uden at der er andet end naturlig ventilation.
4. Mange har en adfærd, hvor de ikke lufter grundigt ud, da det giver træk og kulde og koster penge i øget energiforbrug.

Problemer med skimmelsvamp er en af de mest markante konsekvenser af manglende ventilation og skyldes typisk mangelfuld eller uhensigtsmæssig ventilation i kombination med kuldebroer og/eller forkert udført indvendig isolering.

Skimmelsvamp var ikke et emne, der i særlig høj grad blev drøftet på mødet, men det kunne konstateres, at de private udlejere ikke oplevede problemer med skimmelsvamp som et stort problem i forbindelse med deres ejendomsportefølje. Det var ganske sjældent, at de oplevede boliger med det problem.

Problemet ser ud til at have en større udbredelse i almene boliger, hvilket kan skyldes en anden beboersammensætning med flere beboere pr. bolig og beboere med en anden adfærd. Måske kan det også have sammenhæng med en anden bygningsmasse. Stok-bebyggelserne fra 1940'erne og 1950'erne er måske særligt ramt af problemer med skimmelsvamp.

2. Mekanisk ventilation

Udsugningsventilation er den mest almindelige mekaniske form for ventilation, når man taler om ældre ejendomme. Den kan være udført på mange forskellige måder. Den billigste og mest simple er en ventila-

tor i køkken og på badeværelse, der skubber luft op i en ventilationskanal eller ud gennem facaden. Denne form sikrer lidt bedre ventilation, når det kører, men kan på ingen måde anbefales som en løsning til ventilation, da ventilatorerne typisk har svært ved at skubbe en søjle luft ud effektivt af et langt ventilationsrør. Samtidig er der ingen naturlig ventilation, når ventilatoren ikke kører, da den blokerer luftens passage i kanalen.

En bedre løsning er dér, hvor ventilatorerne suger på eksisterende ventilationskanaler placeret på loftet eller taget, eller via nyetablerede kanaler. Den friske luft bliver typisk ledt via ventilationsspalter i vinduerne og gennem utætheder i klimaskærmen. Denne løsning sikrer en nødvendige grundventilation og kan så eventuelt øges i forbindelse med madlavning og badning.

Det er en løsning, der sikrer en langt bedre ventilation, men den er ofte forbundet med utilfredshed fra beboerne. Det handler om, at de oplever træk, når udetemperaturen er lav, og sus fra ventilerne. Dette kan i værste tilfælde føre til, at beboerne lukker ventilerne eller tilstopper de ventiler, hvorfra der suges, hvilket så igen fører til, at anlægget suger endnu mere i de øvrige boliger, hvor beboerne ikke gør noget. På den måde kan anlægget komme helt ud af balance og føre til udveksling af luft lejlighederne imellem som følge af trykforskel mellem boligerne. Udsugningsventilation medfører også et stort energiforbrug, da varm luft kontinuerligt suges ud af boligerne.

3. Balanceret ventilation

Balanceret ventilation er en løsning, der forbedrer udsugningsventilation ved at lade en tilsvarende mængde luft blive blæst ind, som der suges ud. Eller faktisk lidt mindre, så der altid er et lille undertryk i boligen for at sikre, at den fugtige indeluft ikke presses ud i konstruktionen med deraf eventuelle fugtskader til følge.

Denne løsning kan kombineres med opvarmning af indblæsningsluften fra varmeblæser eller via varmegenvinding. Ved varmegenvinding varmeveksles den luft, der fjernes fra boligen med den friske luft, så varmetabet minimeres. Det er i dag muligt at lave varmevekslere med en virkningsgrad på over 90 pct., hvilket vil sige 90 pct. af den energi i indeluften kan overføres til den friske luft.

Ventilation med varmegenvinding kan på mange måder tilgodese alle de krav, vi har til ventilation i boliger. De sikrer en god ventilation med et begrænset varmetab og uden de trækgener, som kendes fra udsugningsventilationen. Sådanne løsninger er også blevet et krav i forbindelse med nye boliger og en forudsætning for, at man kan opfylde de energimæssige krav til lavenergi boliger. Der er tre forhold, som begrænser deres udbredelse i forbindelse med eksisterende boliger.

1. De er relativt dyre
2. De er vanskelige at installere i eksisterende boliger, da der er behov for kanalføringer internt i boligen samt i forhold til nødvendige indtag og afkast. Den plads kan være vanskelig og dyr at etablere.
3. Det er teknik, der kræver vedligeholdelse, og som har en begrænset levetid. Der er behov for skiftning af filtre et par gange om året samt eftersyn af elmotorer, rensning af kanaler mm.

Derudover er der forholdet omkring emhætter, hvor disse ventilationsløsninger ikke sikrer den samme store udsugning, som en emhætte almindeligvis sikrer. Ligeledes kan fedt fra en emfang meget hurtigt tilsvine kanaler og varmevekslere. Det anbefales derfor at have en separat løsning til den del.

Der er dog også en række forhold, som gør disse anlæg anbefalelsesværdige. De sikrer et godt indeklima uden et forøget energiforbrug ved valg af gode anlæg, og særligt hvis boligerne er lufttætte, så uhenigtsmæssig infiltration undgås. Komfortmæssigt er det en stor gevinst. Et meget almindeligt udsagn fra folk, der har sådanne anlæg i deres bolig, er, at de ikke vil have en bolig fremover uden et sådant anlæg.

4. Centrale og decentrale anlæg

Balanceret ventilation med varmgenvinding kan enten gennemføres som centrale anlæg, hvor varmegenvinder sider centralt i bygningen, og luften fordeles til boligerne herfra. Eller decentrale løsninger, hvor hver bolig har sin r sin individuelle varmegenvinder.

De centrale har størst udbredelse i dag og skyldes formodentligt, at de er nemmest at installere, servicere og har en lang levetid. Alt tegner dog til, at de decentrale løsninger vil vinde frem på længere sigt, da de energiøkonomisk er at foretrække, idet der ikke er samme behov for brændspjæld, da de har individuel tilledning af luft til hver bolig.

En forudsætning for den forudsigelse er, at de individuelle anlæg bliver servicevenlige, har en lang levetid og billige i anskaffelse og installation. For en udlejer er lave driftsomkostninger af større betydning end et lavt energiforbrug.

Et spørgsmål står tilbage. Hvordan fremmer vi de gode løsninger?

DELTAGERLISTE

EKSTERNE SAMARBEJDSPARTNERE

A/s Ishøj og Madsen
Airmaster
Alectia a/s
Arup & Hvidt
Bygherre
Cenergia
Kuben Management
Kuben Management
Rønby.dk
SBI
Teknologisk Institut

Niels Okstoft
Lars Vestergaard
Flemming Schrøder
Morten Andersen
Flemming Christensen
Vickie Aagesen
Jakob Klint
Julie Holt
Leif Rønby
Niels Christian Bergsøe
Christian Grønborg Nikolaisen

KØBENHAVNS KOMMUNE CBD

Jane Drejer Nielsen
Karin Pagh Bakhti
Lone Knudsen
Mads Gudmand-Høyer
Marie Juul Baumann
Milena Mille Rudez
Peter Zeller
Sisse Fassio Tjerrild
Jens Jacob Blerring

CMI
Karen Forsting
Martha Katrine Sørensen

CBG
Neel Kringelbach

**SAMMEN
OM BYEN**

KØBENHAVNS KOMMUNE
Teknik- og Miljøforvaltningen

Ecovent produkter

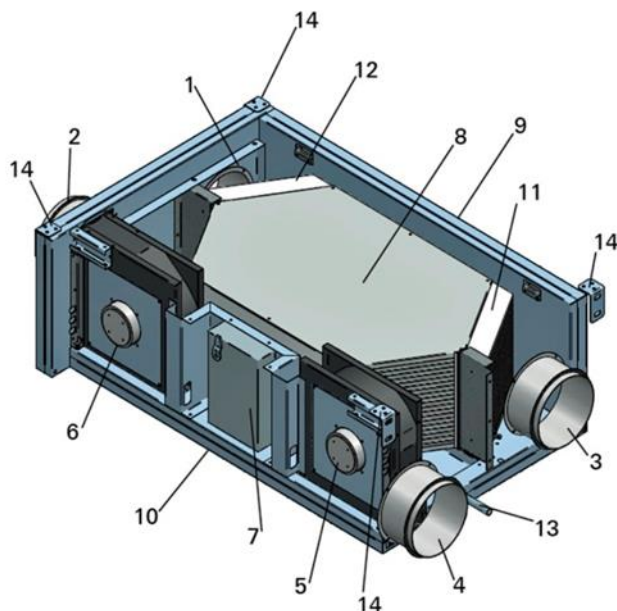
Centrale ventilationsanlæg med varmegenvinding

Ved renovering af eksisterende boligejendomme er den dominerende løsning stadigvæk centrale ventilationsanlæg. Her har en nylig dokumentation i forbindelse med energirenovering af 288 lejligheder i Valby påvist et endog meget højt elforbrug på 1.100 kWh om året pr. lejlighed samtidig med en høj installeret udgift på tæt ved 60.000 kr. pr. lejlighed.

Til sammenligning bruger decentrale ventilationsanlæg, testet i PV Ventilations projektet kun omkring 200-300 kWh el om året pr. lejlighed. Og den samlede installationsudgift er noget billigere med 40-50.000 kr. pr. lejlighed, og med den seneste udvikling af den såkaldte "Infilter" filterboks til i dag ca. 2.500 kr. pr. bolig, kan man i princippet her nøjes med servicering hvert 10. år.

Decentrale ventilationsanlæg med varmegenvinding

I det følgende omtales to typer decentrale ventilationsanlæg med varmegenvinding. Den mest anvendte løsning går ud på at anvende en genvinderenhed pr. lejlighed, hvor denne er placeret under loft i badeværelse eller i gang. Med denne løsning er der påvist en mulig energibesparelse på 28 pct. i forhold til en standardrenovering, men det er meget vigtigt at sikre sig et lavt elforbrug og en høj varmegenvindingsgrad, helst dokumenteret af test på Teknologisk Institut, idet man kan risikere usikre resultater på basis af laboratorietest fra udlandet.



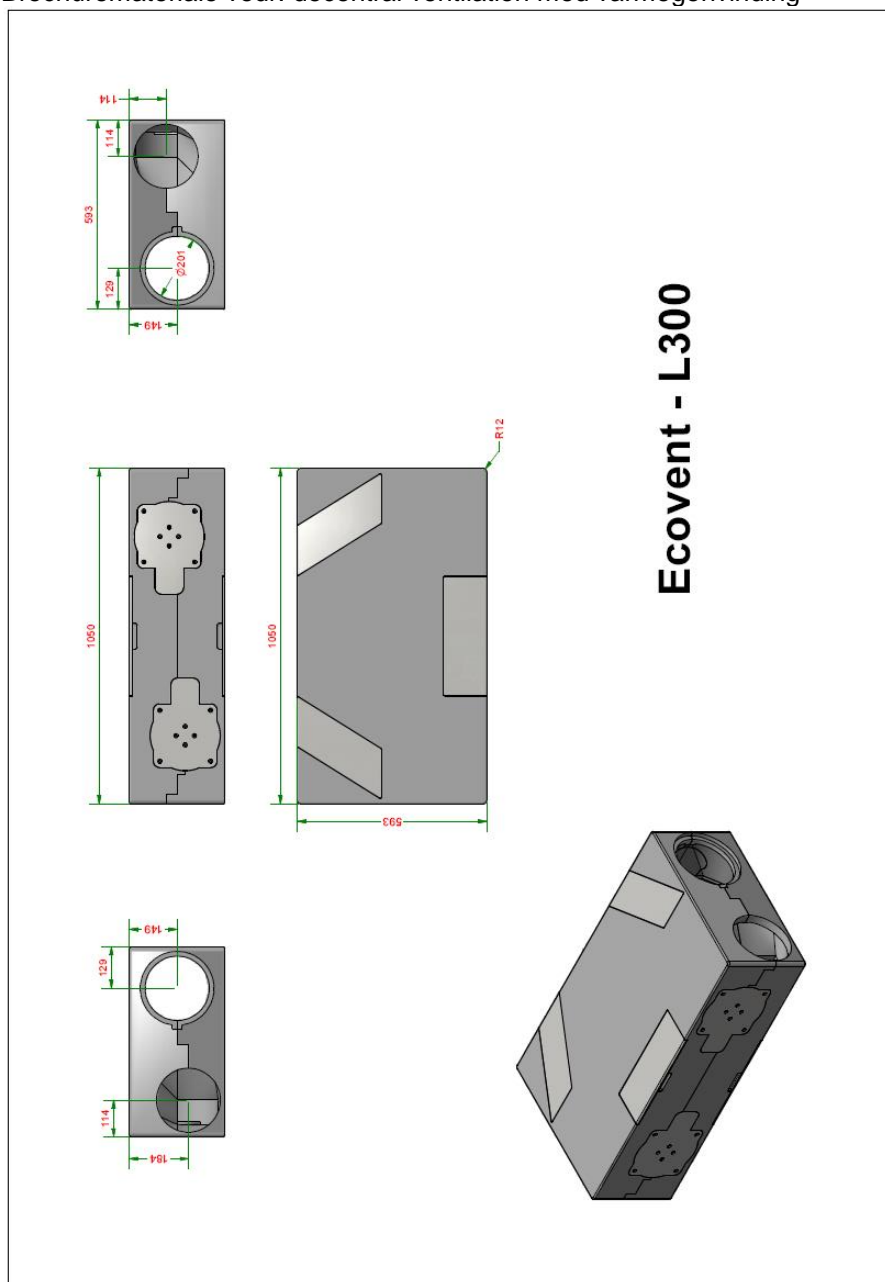
- | | |
|----------------------------------|--|
| 1. Udeluft tilslutningsstuds | 9. Servicelåge til modstrømsveksler og filtre |
| 2. Afkast tilslutningsstuds | 10. Servicelåge til ventilatorer og automatik |
| 3. Udsugning tilslutningsstuds | 11. Indblæsningsfilter |
| 4. Indblæsning tilslutningsstuds | 12. Udeluftfilter |
| 5. Indblæsningsventilator | 13. Kondensvandbakke og afløb |
| 6. Udsugningsventilator | 14. Montagebeslag til loftkonstruktion og aggregat |
| 7. Automatikboks | |
| 8. Modstrømsveksler | |

CAD tegning af Øland/Ecovent renoveringsmodel med den samme varmegenvinder teknologi som i Langgadehus.

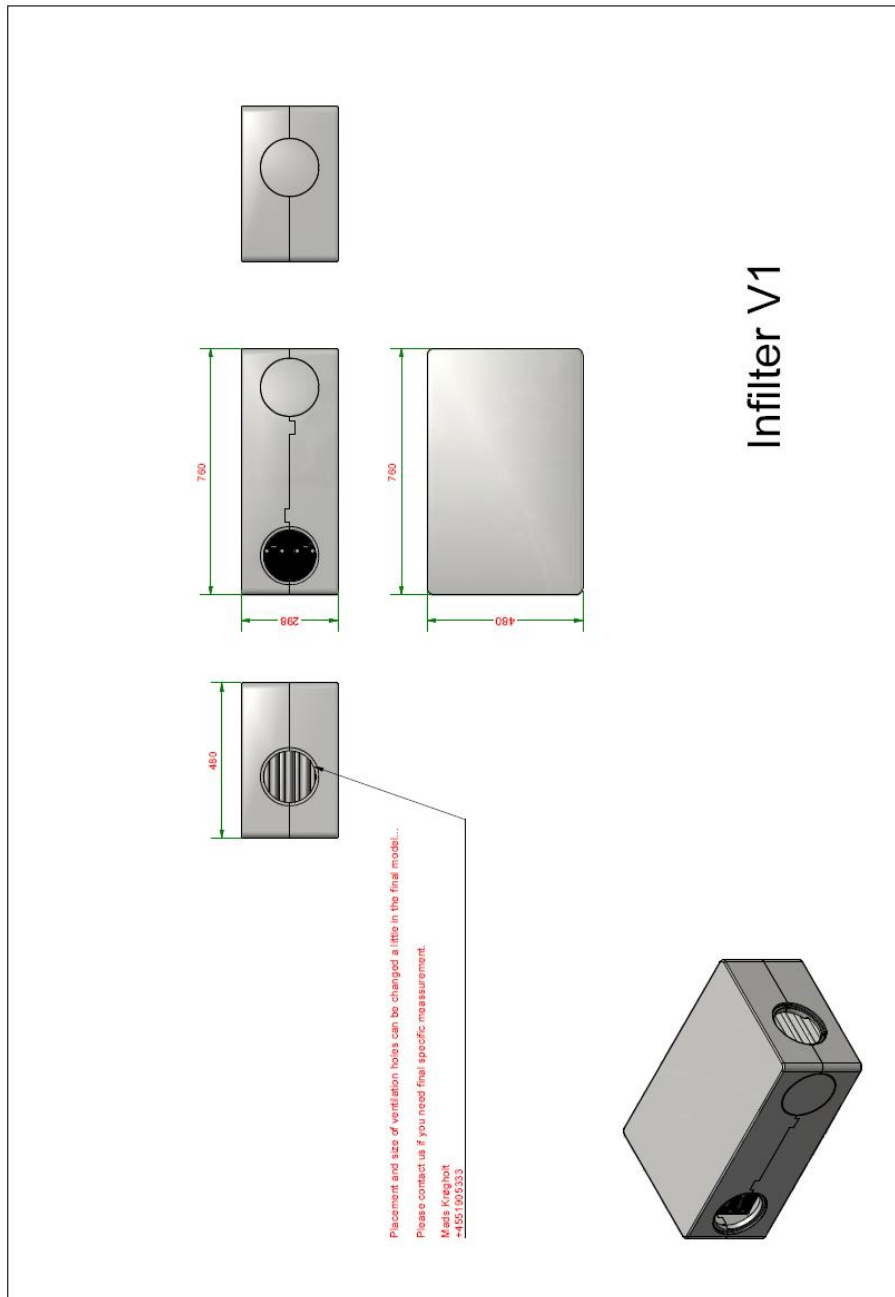
Alternativt kan der også anvendes såkaldt rumbaserede ventilationsenheder, typisk ved luftmængder mellem 40 og 100 m³ i timen. I Valby er der arbejdet med sådanne løsninger bl.a. i forbindelse med renovering af en-familieboliger.

I de fleste tilfælde vil man til en normal størrelses lejligheder kunne nøjes med to af sådanne enheder evt. med ekstra indblæsningsmulighed til naborum.

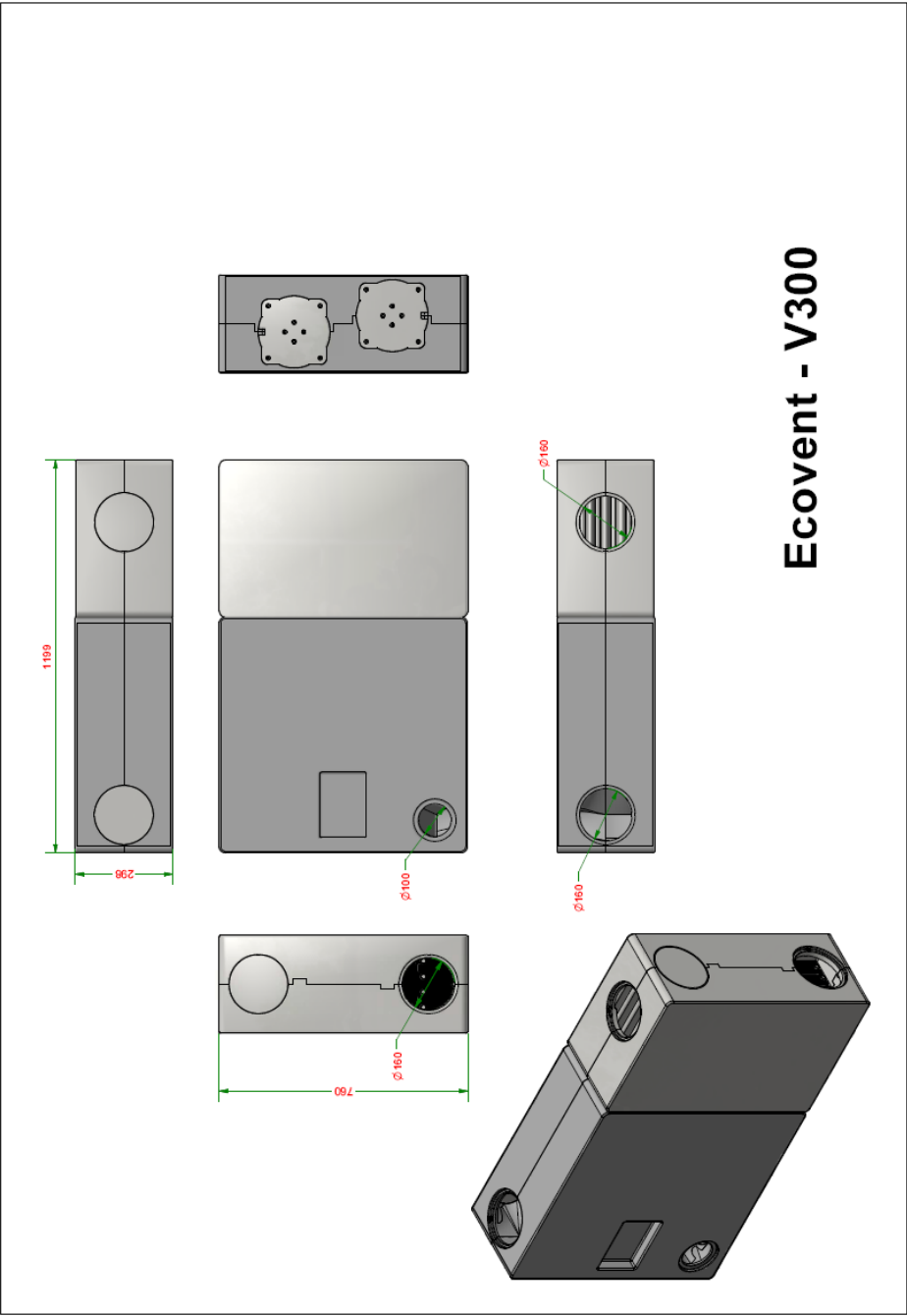
Brochuremateriale vedr. decentral ventilation med varmegenvinding



Infilterboksen er en automatisk filterboks, der gør, at servicering af filterfunktion kan begrænses til hvert 5.–10. år.



Vinduesintegreret ventilationsenhed med varmegenvinding til boliger, her kombineret med automatisk filter.



Ecovent - V300

